



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV MATERIÁLOVÝCH VĚD A INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

**NEKONVENČNÍ METODY ZPRACOVÁNÍ
NOŽÍŘSKÝCH MATERIÁLŮ**

UNCONVENTIONAL METHODS OF PROCESSING MATERIALS FOR KNIVES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Bražina

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Pavel Doležal, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav materiálových věd a inženýrství
Student: **Jakub Bražina**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojírenského inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Pavel Doležal, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Nekonvenční metody zpracování nožířských materiálů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Literární rešerše na téma moderní materiály pro použití v oblasti nožířské výroby, nekonvenčních metod výroby a následného zpracování. Vliv chemického složení, metod výroby a zpracování na strukturu a vlastnosti nožířských materiálů.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je zpracování literární rešerše na popis moderních materiálů a nekonvenčních procesů výroby a zpracování pro aplikaci v oblasti výroby loveckých nožů. Návrh designu, technických materiálů, postupů výroby a zpracování loveckých nožů. Popis materiálových analýz pro posouzení jednotlivých metod zpracování z hlediska struktury a mechanických vlastností materiálů pro čepele nožů.

Seznam doporučené literatury:

- Fremunt, P., Krejčík, J., Podrábský, T.: Nástrojové oceli. Dům techniky Brno, Brno, 1994.
- Humár, A. Materiály pro řezné nástroje. MM publishing s. r.o., 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- Askeland, D. R., Phulé, P. P.: The Science and Engineering of Materials. Thomson-Brooks/Cool, 4th ed. 2003 (5th ed. 2005)
- Callister, W. D., Jr.: Materials Science and Engineering. An Introduction. John Wiley & Sons, Inc., 6th ed., 2003
- Ptáček, L. a kol.: Nauka o materiálu I. Akademické nakladatelství CERM, Brno, 2003

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

.....

prof. Ing. Ivo Dlouhý, CSc.

ředitel ústavu

.....

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá problematikou nekonvenčních nožířských materiálů a jejich následnou aplikaci pro výrobu a zpracování loveckého nože. V rešeršní části je čtenáři přiblížena nožířská problematika, kde jsou uvedeny základní konstrukční charakteristiky a potřebné vlastnosti nože. V další části práce jsou popsány různé kovové i nekovové materiály, jejich vlastnosti, případné zpracování a výroba. Dále se práce zabývá problematikou povrchové ochrany těchto nožířských materiálů. Práce se také zabývá konstrukčním návrhem, volbou materiálu, tepelným zpracováním a následnou povrchovou úpravou samotného loveckého nože.

KLÍČOVÁ SLOVA

nekonvenční metody, nožířství, materiály, nůž, lovecký nůž, zpracování, ocel, prášková metalurgie

ABSTRACT

This thesis focuses on the issue of unconventional cutlery materials, their application for production, and the processing of a hunting knife. The readers are acquainted with cutlery issues in the search section, where the basic characteristics and properties are written. The next part describes the various metallic and non-metallic materials and their possible properties of processing and production. This thesis also deals with the surface protection of these cutlery materials. The second main part describes construction design, material selection, heat treatment, and with surface treatment of the hunting knife.

KEYWORDS

unconventional methods, cutlery, knife, hunting, knife, processing, steel, particle metallurgy

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BRAŽINA, J. *Nekonvenční metody zpracování nožířských materiálů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 37 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Doležal, Ph.D..

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citoval. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FSI VUT v Brně.

V Brně 26.5.2017

.....
Jakub Bražina

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Pavlu Doležalovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracovávání mé bakalářské práce. Také bych rád velmi poděkoval Davidu Michalíkovi za podnětné rady a informace o nožířství. Dále patří mé poděkování моým rodičům za duševní a finanční podporu. V neposlední řadě bych rád poděkoval Patricii Celtové za pomoc s gramatickou korekcí této práce a svým nejlepším přátelům a kolegům za morální podporu, díky čemuž jsem se dostal až k možnosti vytvořit tuto práci. Jedná se o Jana Talaše, Jakuba Sabelu, Ondřeje Novotného a Karla Šebestu. Bez všech výše zmíněných by tato práce nikdy nevznikla.

OBSAH

1. ÚVOD.....	1
2. CÍLE PRÁCE.....	2
3. LITERÁRNÍ PŘEHLED	3
3.1 Historie nožů	3
3.2 Konstrukce nože	4
3.2.1 Pevné nože.....	4
3.2.2 Zavírací nože	4
3.2.3 Rozdělení čepelí a jejich výbrusu.....	5
3.3 Materiály pro výrobu nožů.....	8
3.3.1 Vliv legujících prvků na výsledné mechanické vlastnosti	8
3.3.2 Meteority	9
3.3.3 Wootz	10
3.3.4 Výroba ocelí pomocí vakuového indukčního tavení (VIM)	11
3.3.5 Výroba ocelí pomocí vakuového obloukového přetavování (VAR).....	11
3.3.6 Výroba ocelí pomocí elektrostruskového přetavování (ESR).....	12
3.3.7 Výroba ocelí pomocí metody Micro-Melt (MM).....	12
3.3.8 Výroba ocelí pomocí práškové metalurgie.....	13
3.3.9 Výroba ocelí pomocí metody Crucible Particle Metalurgy (CPM)	18
3.3.10 Výroba ocelí pomocí metody Spray Forming (SF)	19
3.3.11 Keramika	20
3.4 Tepelné zpracování.....	21
3.4.1 Žíhání	21
3.4.2 Objemové kalení	21

3.4.3	Povrchové kalení	22
3.4.4	Popouštění	23
3.5	Povrchové úpravy	24
4.	NÁVRH LOVECKÉHO NOŽE – PRAKTICKÁ ČÁST	27
4.1	Návrh konstrukce	27
4.2	Volba materiálu	29
4.3	Tepelné zpracování.....	29
4.4	Povrchové úpravy	31
5.	ZÁVĚR	32
6.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	33
7.	POUŽITÁ LITERATURA	34

1. ÚVOD

Nůž je jeden z nejstarších a nejčastěji používaných nástrojů, je to všestranný pomocník, který se používá převážně k dělení materiálu. Od nejstarších dob je na snaze zvyšovat jeho kvality. Vývojem od raných dob vzniků nože prošla jak jeho konstrukce, tak i používané materiály.

Jedním z hlavních aspektů výroby nože je volba správné konstrukce. Tato volba je závislá na výsledném použití nože, například kdy není vhodné nůž určený pro přežití nebo lov opatřit výbrusem a tvarem stejným jako má nůž kuchyňsky. Je nutné zvážit silové účinky, které budou působit na čepel a podle toho volit tvar čepele, úhel výbrusu a případné další konstrukční prvky jako jsou zuby, nepravá ostří atd. Důležitou roli hraje také vhodná volba správné rukojeti a jejího materiálu, který nemusí být vhodný pro použití ve všech podmínkách a může degradovat stejně jako samotná čepel.

Největším vývojem prošly materiály, ze kterých se nože vyrábějí. Od volně používaných přírodních materiálů používaných ve starověku, až po dnes moderní vysokolegované ocele kombinující všechny potřebné vlastnosti. V dnešní době jsou ocele na vrcholu a hledají se jiné a nové materiály, které by zlepšily vlastnosti nože ještě více. Bohužel opravdu málo firem se zabývá primárně výrobou materiálu pro nože, pro většinu firem je vhodnost materiálu pro nože až druhotným aspektem a ve většině případů se materiál stává nožířským, až když jej použije nějaký nožíř a ověří vhodnost tohoto materiálu.

Nožířské materiály se vyrábějí různými metodami. Dnes mezi nejrozšířenější metodu patří výroba pomocí práškové metalurgie. Takto vyráběné materiály dosahují lepších vlastností než konvenčně vyráběné materiály, jelikož struktura těchto materiálů je homogenní, čímž je docíleno stejných materiálových charakteristik v celém průřezu nože. V dnešní době lze však považovat výrobu materiálu pomocí práškové metalurgie již jako konvenční. Z takto vyrobených materiálů se pak vyrábějí samotné nože. Volba správného materiálu je náročná, jelikož svět disponuje spoustou druhů ocele a materiálů jevících se jako vhodných pro výrobu nožů. V první řadě je nutné určit, jaký bude mít nůž výsledný účel a na základě těchto poznatků zvolit vhodný materiál, který se následně tepelně zpracovává žháním, kalením a popouštěním, čímž se docílí požadovaných výsledných vlastností. Těmito vlastnostmi jsou tvrdost, houževnatost, abrazi vzdornost atd. Po tepelném zpracování materiálu lze ještě použít některé z mnoha povlakovacích metod, čímž se dosahuje zlepšení již tak nabytých vlastností, ale mohou přibývat i další, které nemá samotný materiál například korozivzdornosti.

2. CÍLE PRÁCE

Cílem práce je zpracování literární rešerše na popis moderních materiálů a nekonvenčních procesů výroby a zpracování pro aplikaci v oblasti výroby loveckých nožů. Návrh designu, technických materiálů, postupů výroby a zpracování loveckých nožů. Popis materiálových analýz pro posouzení jednotlivých metod zpracování z hlediska struktury a mechanických vlastností materiálů pro čepěle nožů.

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Historie nožů

Nůž jako nástroj nám slouží od pradávna, kdy po období pěstních klínů byly nástroje jako sekyra, mlat a nůž jedněmi z nejdůležitějších nástrojů potřebných pro přežití člověka. Nůž se vyvíjel od počátku jako nástroj primárně určený k lovu a přežití. Postupem času vznikly různé variace a druhy nožů, které měly rozdílné délky čepelí, tj. množství nástrojů ať už bojových, tak pracovních [8, 14].



Obr. 3.1 Kamenný nůž z nejstaršího období [14].

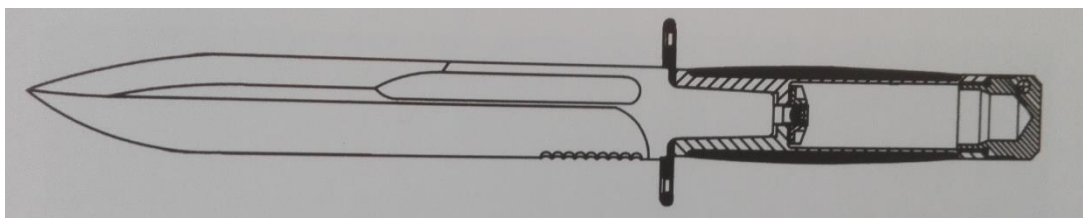
Z materiálového hlediska byly prvně používány čepel z kosti, pazourku a obsidiánu, což byly volně dostupné přírodní materiály. Posléze přišlo rozšíření používaných materiálu, díky tavbě kovů bylo možno získat přesný tvar čepel a začaly se používat bronzové, měděné a následně i železné kovy, avšak trvanlivost ostří byla stále velice nízká, jelikož materiály byly velice měkké. Vznik prvních ocelových nožů můžeme datovat cca 700 let př. n. l. S postupem času náročnost na kvalitu samotného ostří i čepel rostla, což vedlo k hledání nových technologických postupů zpracování čepel [8, 14].

3.2 Konstrukce nože

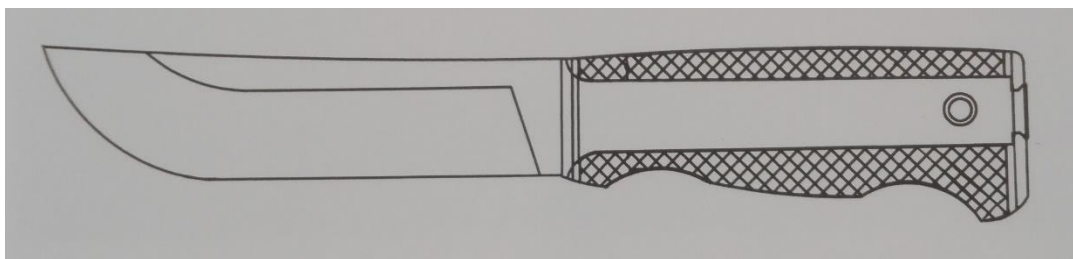
Lovecké nože mohou být podle vlastní konstrukce rozděleny do dvou, respektive tří skupin: nože pevné a nože zavírací, respektive lovecké tesáky. I samotný nůž, který je již specifikovaný jako lovecký, může mít svůj přesný účel [8, 41].

3.2.1 Pevné nože

Nejstarší a nejjednodušší konstrukce nože byla taková, kdy čepel přechází v trn, který mohl být omotan kůží, případně umístěn v kosti, rohu či parohu. Jsou dva typy přechodu čepele v rukojeť. Prvním typem je konstrukce s částečnou stopkou (Obr. 3.2), čepel tedy přechází přímo v trn, který je následně vložen do rukojeti samotné (kost, roh, dřevo, jiný kov). Zajištění je provedeno lepením nebo maticí schovanou v rukojeti a zakrytou záslepkou. Druhým typem je konstrukce s plnou stopkou (Obr. 3.3), kdy čepel přechází v plochý tvar rukojeti, ke které jsou následně „ztracenými“ nýty, svářením případně dalšími způsoby připojeny střenky [8, 41].



Obr. 3.2 Pevný nůž s částečnou stopkou [1].



Obr. 3.3 Pevný nůž s plnou stopkou [1].

Podle účelů jsou lovecké nože děleny na zarazáky (zavazáky), které jsou konstruovány pro efektivní záraz srnčí zvěře, kde čepel je pevná, štíhlá a špičatá. Dále se používají stahováky, což jsou nože určené ke stahování kůže ulovené zvěře. Mají širší a kratší čepel, která umožňuje snadnější oddělení kůže od ostatní tkáně. Univerzální nože pak mají tvar spíše stahováku, kdežto délkou mají blíže k zavazáku. Poslední účelovou skupinou jsou nože univerzální, jež kombinují vlastnosti jak stahováku, tak i zavazáku a jsou často obohacené o další prvky třeba sklopnou pilku nebo párák [8, 41].

3.2.2 Zavírací nože

Zavírací nože jsou jedněmi z nejdostupnějších a nejčastěji se vyskytujících nožů. Díky zavíracímu mechanismu je nůž rozměrově menší a může být nošen v kapse, což je největší výhodou této konstrukce. Dále je důležité zohlednit, zda nůž bude používán ve městě

při dennodenním nošení jako prvek sebeobrány, nebo bude určen k přežití v přírodě, kde je nutné, aby měl přiměřeně velké rozměry a byl ku prospěchu. Mělo by se jednat o nůž s délkou čepele 85–100 mm. Dále musí mít nůž dostatečnou mechanickou pevnost a musí také spolehlivý zádržný mechanismus, aby byl dostatečně fixován v otevřené poloze a nedošlo ke složení v nejméně vhodné chvíli. Zavírací nože jsou nejčastěji děleny na základě způsobu jištění čepele (pojistka). Příklad zavíracího nože Mjölknir s pojistkou framelock od firmy TK Knives je možno vidět na obrázku 3.4 [1, 8, 41].



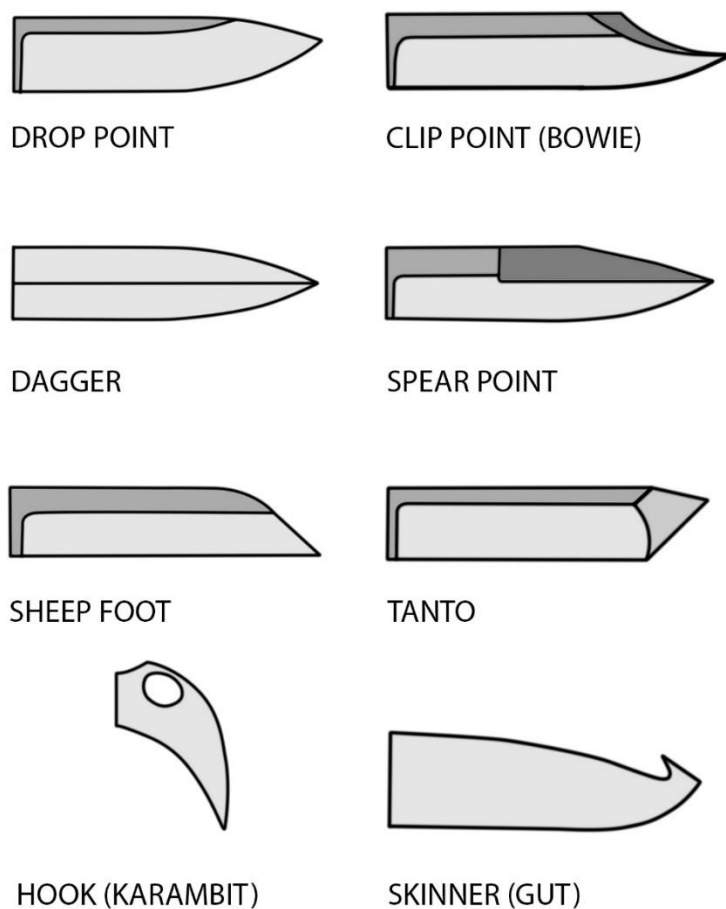
Obr. 3.4 Zavírací nůž Mjölknir firmy TK Knives [15].

3.2.3 Rozdělení čepelí a jejich výbrusu

Rozdělení čepelí

Čepele mohou být opatřeny jednostranným nebo oboustranným ostřím. Jednostranné ostří je používáno, jestliže je nůž prvoplánově určen ke krájení a dělení materiálu. Ke zlepšení řezných vlastností se někdy tato ostří opatřují prohnutím, či zvlněním, což prodlužuje řeznou délku ostří. Nutnost oboustranného ostří přichází až s potřebou bojeschopnosti nože. Čepele se dělí na základě mnoha faktorů. V případě loveckých nožů se jedná o schopnost zarazovat zvěř, v čemž oboustranné ostří vyniká a jeho schopnost proniknout do tkáně je mnohem lepší než u nože s jednostranným ostřím. Někdy je hřbet čepele obohacen zuby, případně je zabroušen do tupého ostří, pokud je část tohoto ostří nabroušena do plné ostroty, je toto ostří nazývané ostřím nepravým.

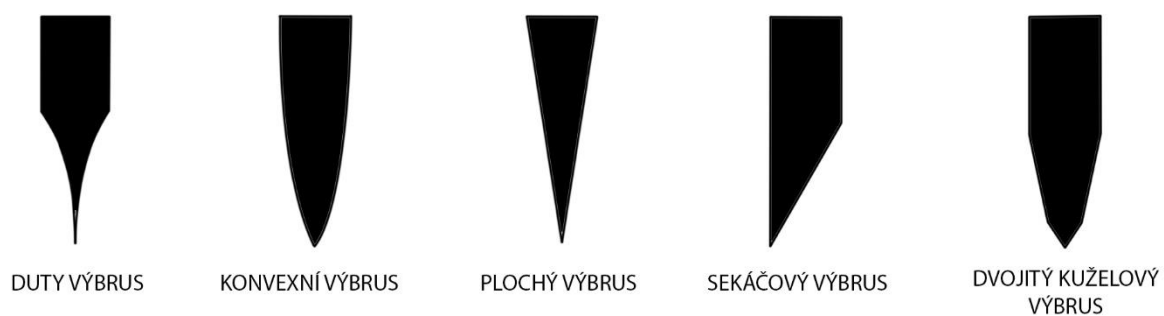
Podskupinou dělení je dělení podle tvaru, kdy se všechny obvykle používané tvary čepelí dají rozdělit do osmi skupin, které jsou zobrazeny na obrázku 3.5. Na tyto tvary můžeme najít spoustu variací lišících se v drobnostech. Tvar čepele ovlivňuje nůž z mnoha hledisek. Mezi nejdůležitější patří kvalita řezu a penetrační schopnost. Tvary čepelí se snaží různě kombinovat schopnost řezu a penetrace, případně jsou zaměřeny primárně na jednu činnost [8, 17].



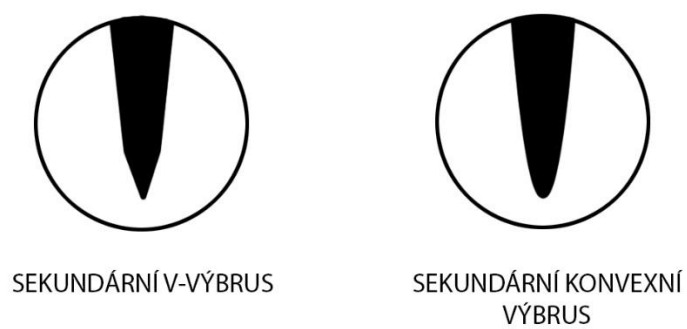
Obr. 3.5 Základní rozdělení tvaru čepelí.

Rozdělení výbrusu

Výbrus je důležitý prvek čepel, jelikož určuje výsledné řezné vlastnosti. Výbrusy se dělí do pěti hlavních skupin (Obr. 3.6). Obecně lze říci, že výbrusy jsou buď primárně určeny k řezání, nebo k sekání. Za výbrus vhodný pro řezání lze považovat plochý, sekáčový, případně dutý výbrus. Jako výbrus vhodný k sekání lze považovat konvexní a dvojitý kuželový výbrus. Tyto výbrusy mají mnohem odolnější ostří, které mnohem lépe odolává nárazům a nedochází tak ke snadnému poškození ostří, i když konvexní výbrus se mnohem hůře brousí a je nenabrousitelný standardní úhlovou sadou. Odolnost ostří, respektive zkvalitnění řezu, lze ještě více zvýšit zakončením výbrusu, který se nazývá sekundární (Obr. 3.7). Jestliže je požadováno zvýšení kvality řezu V-výbrusem. Pokud je čepel primárně používána k sekání používá se sekundární konvexní výbrus [8, 17].



Obr. 3.6 Základní rozdělení výbrusu čepelí.



Obr. 3.7 Schémata sekundárního výbrusu.

Wolfram

Wolfram je nejsilnější karbidotvorný prvek po niobu a Vandu, zvyšuje odolnost vůči opotřebení. Pokud je wolfram v oceli ve správném poměru k chromu nebo molybdenu vzniká tzv. rychlořezná ocel [42].

Křemík

Křemík zvyšuje mez pevnosti a jako mangan snižuje obsah plynů a dezoxiduje ocel při výrobě [42].

Niob

Niob silně podporuje vznik karbidů a tvoří velmi tvrdé a velmi malé karbidy. Zvyšuje tažnost, tvrdost, odolnost vůči opotřebení a korozivzdornost [42].

Titan

Pomocí titanu se řídí velikost výsledného zrna, čímž přispívá ke zvýšení houževnatosti a tažnosti oceli [42].

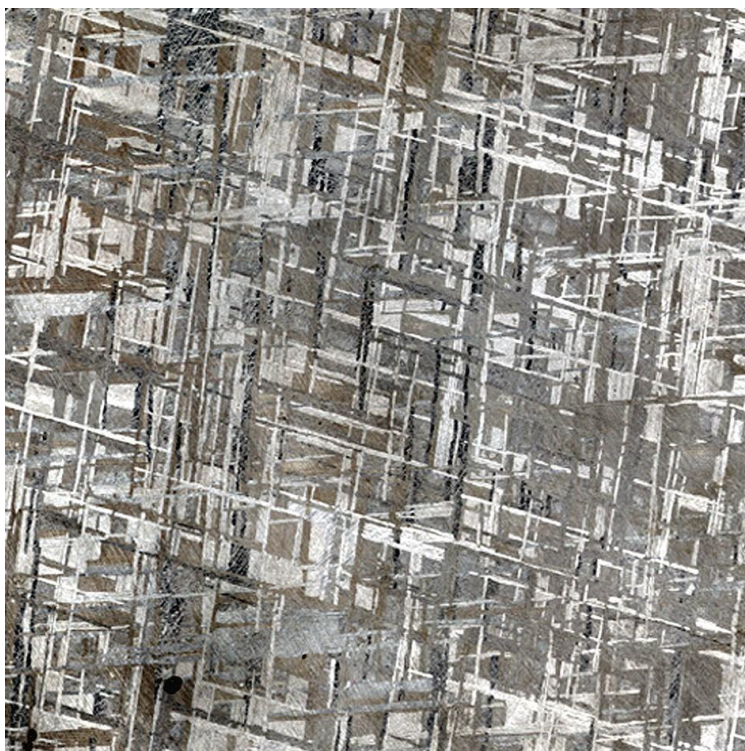
Tantal

Tantal má podobný vliv na výsledné mechanické vlastnosti oceli jako niob. Tvoří velmi malé a jemné karbidy, čímž zvyšuje tažnost, tvrdost, odolnost vůči opotřebení a korozivzdornost [42].

3.3.2 Meteority

Někteří nožiři zakomponovávají do svých nožů také meteority, avšak tyto materiály nejsou vhodné na výrobu čepele samotné. Tyto meteority povětšinou pocházejí z tzv. hlavního pásu, oblasti mezi Marsem a Jupiterem, ve kterém se nachází spousta planetek a meteoritů s kovovým jádrem. Následně byly tyto planetky rozbity, díky srážkám s jinými tělesy a kovové jádro poté dopadlo na Zem, kde bylo vytěženo a použito. Tyto meteority vstupují do atmosféry rychlostí několika desítek kilometrů za sekundu, avšak na souš jich dopadne cca 10 %. Největší nalezené meteority jsou Gibeon z Namibie s hmotností 60 tun a švédský Muonionalusta.

Meteority obsahují ve většině případů čisté železo s 7-10 % niklu a nepatrné stopy jiných kovů, které dokládají pouze původ a stáří meteoritů, a na jejich mechanické vlastnosti nemají vliv. Takto získané železo je příliš měkké a čepel z něj vyrobená by měla nevhodné mechanické vlastnosti. Proto pokud se meteoritické železo nachází v čepeli, je pouze zakováno do damascénské oceli jako dekorativní prvek a po naleptání tyto železné kompozice vytvoří krásnou strukturu zvanou Widmanstättenovy obrazce (Obr. 3.8) [8, 11].



Obr. 3.8 Widmanstättenovy obrazce [10].

3.3.3 Wootz

Litý damašek neboli bulat, fulat, ale nejčastěji Wootz, je damascenská vysokouhlíková ocel (s více než 1,5 % uhlíku), která však není vyrobena svářkovou metodou, ale je odlévána v uzavřeném keramickém nebo grafitickém kelímku. Vsázku tvoří kousky oceli případně litiny a různé přísady nutné pro ochranu tavby, jako jsou drcený mramor nebo křemičitý písek. Další přísadou je vanad, který zajišťuje tvorbu správné struktury. Při ohřevu neustálém vhnání vzduchu do pece se ocel v kelímku dostává do kašovitého tvaru a během extrémně pomalého ochlazování se pak vytváří dendritická struktura austenitu. Karbidy vanadu při tuhnutí zůstávají v interdendritické fázi déle v tekutém stavu, protože mají nižší bod tuhnutí. Při dalším ochlazení tuhnou tyto karbidy vanadu, které mají tendenci zůstat na čele vlny tuhnutí. Poslední ztuhlou složkou jsou pak pásy karbidu vanadu v interdendritické fázi. Tyto pásy pak vytvářejí charakteristický vzor bulatu (Obr. 3.9), čímž jsou negativní obrazy primárních, sekundárních a terciárních dendritů. Po ztuhnutí vznikne v kelímku tzv. lupa, což je polotovár, který se následně velice pracně vykovává v požadovaný tvar čepele. Tento polotovár disponuje rozlišným obsahem uhlíku, což závisí na surovinách, zkušenostech kováře, délce tavby a na mnoha dalších faktorech. Jako palivo se v dnešní době používá koks nebo plyn, dříve se používalo dřevěné uhlí. Je velice pravděpodobné, že z tohoto materiálu byly vytvořeny ony starodávné legendární meče [8, 35].



Obr. 3.9 Příklad bulatu s vysoko kontrastním vzorem [16].

3.3.4 Výroba ocelí pomocí vakuového indukčního tavení (VIM)

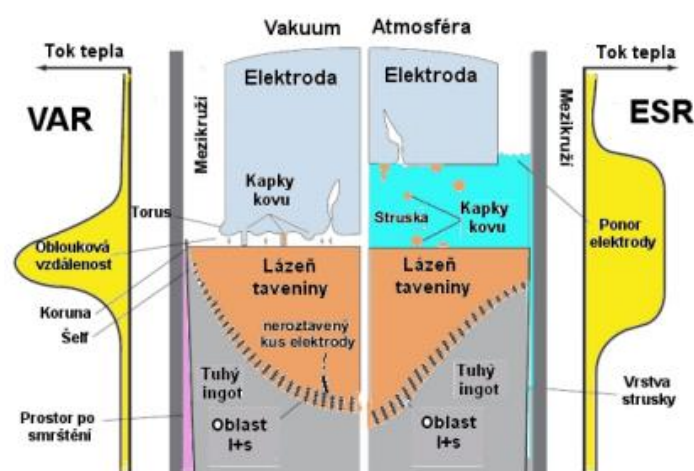
Proces tavby kovu pomocí elektromagnetické indukce ve vakuu určený k odstranění nečistot po čas tekutého stavu. Původem byla tato metoda vynalezena pro tavbu exotických a super-slitinových ocelí, která se stala hojně využívanou pro rychlořezné oceli. Kov je roztaven ve vakuu kvůli zabránění oxidaci. Vakuum také umožňuje odstranění škodlivých stopových prvků, nežádoucí plyny a těkavé prvky. Taktéž díky indukčnímu ohřevu dochází k promíchávání taveniny a díky tomu vzniká homogenní materiál, který se pak odlévá do ingotu nebo forem. Takto vyrobené polotovary se mohou dále konvenčně upravovat [29, 31].

3.3.5 Výroba ocelí pomocí vakuového obloukového přetavování (VAR)

Tato metoda spočívá v druhotné tavbě kovů získaných například metodou VIM ve vakuu. Tím dochází ke zlepšení mikrostruktury a snížení chemických nečistot. Technologický postup je podobný jako u metody ESR, akorát roztavený kov neprotéká přes strusku, ale rovnou odkapává do vodou chlazené měděné formy. Během odkapávání se roztavený kov čistí ve vakuu a následně v lázni taveniny, kde se oxidy a nitridy dostávají směrem k hladině. Touto metodou se převážně snižují hodnoty bismutu a olova, které jsou ve slitinách značně nežádoucí. Výsledkem této metody je tedy velmi čistá a homogenní slitina. Porovnání metody VAR a ESR je možno vidět na obrázku níže (Obr. 3.10) [26, 29, 32].

3.3.6 Výroba ocelí pomocí elektrostruskového přetavování (ESR)

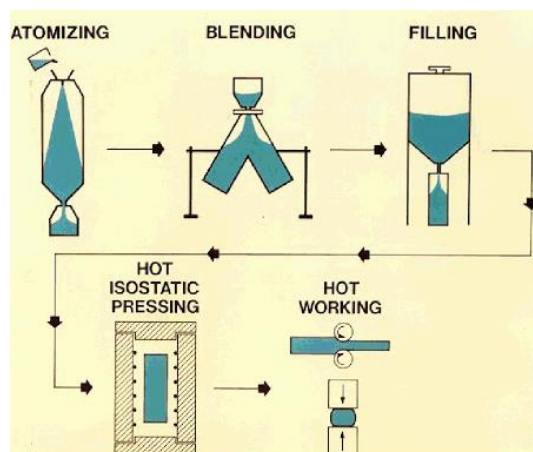
Je to metoda vynalezena okolo roku 1930. Trvalo asi třicet let, než se tato metoda rozšířila a získala známost jako metoda vhodná pro výrobu vysoce kvalitních ocelí. Technologický proces spočívá v zapojení konvenčně vyrobeného ingotu jako elektrody a zakrytím roztavené lázně vrstvou strusky obsahující vápenec CaCO_3 , alumina Al_2O_3 a fluoritu CaF_2 . Elektroda, respektive ingot má už požadované chemické složení. Po přivedení střídavého elektrického proudu, který prochází mezi zápornou elektrodou a kladně nabitou startovací deskou umístěnou na dně měděné formy, vzniká elektrický oblouk, který generuje teplo potřebné pro tavbu elektrody. Z tavené elektrody, pak odkapává roztavená ocel, která prochází skrze strusku, čímž se zbavuje nečistot (oxidů, síry, fosforu atd.). Tato tavenina pak tuhne na dně měděné formy. Oceli vyrobené touto metodou mají vyšší houževnatost díky zvýšené homogenitě a čistotě materiálu, dále mají vysokou odolnost vůči opotřebení a dosahují vysokých pevností v tahu. Porovnání metody VAR a ESR je možno vidět na obrázku níže (Obr. 3.10) [26, 27, 28, 29].



Obr. 3.10 Porovnání metody ESR a VAR [26].

3.3.7 Výroba ocelí pomocí metody Micro-Melt (MM)

Micro-Melt je technologie společnosti Carpenter Technology Corporation. Na začátku je kov roztaven v indukční peci a poté se nalévá do speciální měděné láhve se struskou, kde dochází k očištění taveniny od vměstků. Roztavený očištěný kov je protlačen skrze trysku a následně atomizován pomocí vysokotlakého inertního plynu. Takto získaný prášek má velikosti částic okolo $150\text{ }\mu\text{m}$, což je zhruba o $100\text{ }\mu\text{m}$ menší než u konkurence. Následně je atomizovaný prášek sesbírán, promíchán a utěsněn v plechovce v ochranné atmosféře. Poté je prášek izostaticky lisován za tepla, při teplotách blízkých teplotám kování. Takto vyrobený polotovár se dále konvenčně upravuje kovááním nebo válcováním. Ocele vyrobené touto metodou mají velice jemnozrnnou strukturu, vysokou houževnatost, odolnost vůči opotřebení a dobrou brousitelnost. Schéma technologického postupu metody MM můžeme vidět na obrázku 3.11 [29, 30].



Obr. 3.11 Schéma metody MM [30].

3.3.8 Výroba ocelí pomocí práškové metalurgie

Výroba materiálu pomocí práškové metalurgie je v dnešních dnech stále více oblíbenější metodou. Její největší předností je ekonomičnost výroby, která je téměř bezodpadová a následně výrobky není většinou nutno dále opracovávat, jelikož jsou vyrobeny s požadovanou přesností.

Výroba různých nástrojových ocelí slučováním na požadovanou hustotu pomocí prášku vyrobeného atomizací je používána od počátku sedmdesátých let dvacátého století. Výsledný tvar a maximální hustota je však získána až kovááním a válcováním za tepla. Hlavní výhodou výroby nástrojových ocelí pomocí práškové metalurgie je možnost dosáhnout relativně jemné a dostatečně rozptýlené karbidické struktury. Prášková metalurgie přináší materiály s mnohem lepšími výslednými vlastnostmi [2].

Práškovou metalurgií se vyrábějí převážně tyto materiály:

- kovy s vysokou teplotou tání, špatnou slévatelností a tvářitelností (W, Mo, Ta)
- různé pseudoslitiny jako například W-Cu nebo W-Ag
- keramické a kombinované materiály
- pórovité materiály

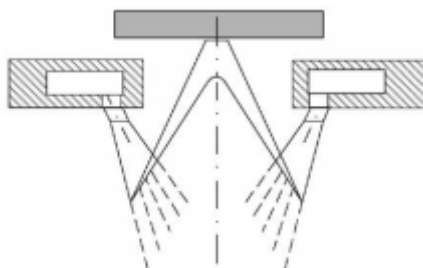
Proces výroby pomocí práškové metalurgie se skládá z několika částí. První je příprava prášků následného tvarování výrobku, slinování a dokončovacích operací. Materiály vyrobené pomocí práškové metalurgie mají v dnešní době celkem široké využití jak ve strojírenství, tak i třeba v elektrotechnice a jiných odvětvích jako spékané karbidy, žáruvzdorné a žárupevné materiály a konstrukčně strojírenské materiály. V nožířství nacházejí své uplatnění zejména díky takřka dokonalé homogenní struktuře a možnosti získávat materiály se složením, které není možno získat pomocí konvenčních metod výroby a zpracování [2].

Příprava prášku

Prášky se vyrábějí několika metodami. Pomocí různých chemických, fyzikálně chemických, nebo mechanických pochodů, kde patří atomizace následné drcení a mletí.

Atomizace kovu je vskutku produktivní metodou výroby kovových prášků. Nízko tavitelné kovy se rozprašují vzduchem, dusíkem nebo vodní párou (Obr. 3.12). Atomizace je nejpoužívanější technologie získávání jemných kuličkovitých kovových prášků.

Principem této metody je vytlačování roztaveného kovu tryskou za vysokého tlaku a následně rozprašování a ochlazování plynem, nejčastěji dusíkem. Vyprodukované kovové částice mají velmi jemnou strukturu, což zvyšuje materiálové charakteristiky, jako mez pevnosti, houževnatost, tvrdost a odolnost vůči korozi [2, 6, 7].



Obr. 3.12 Schématický nákres procesu atomizace [6].

Takto získané kovové prášky se následně drtí a melou, mechanicky se rozmělnují, získávají se prášky s částicemi, které mají nepravidelný ostrohranný tvar, tvárné materiály se plasticky deformují a trhají. Mletí se provádí v kulových nebo vibračních mlýnech, domílání ve vířivých mlýnech. Po rozmletí a rozdrčení požadovaných prášku následuje jejich míchání a homogenizace, díky čemuž je získána směs s požadovaným obsahem uhlíku a všech legujících prvků. Používá se různých bubnů s excentricky uloženou osou na suché míchání měkkých kovů, respektive slitin kovů s grafitem apod. Nejlepšího promíchání je dosaženo v kulových mlýnech. Bohužel v těchto mlýnech dochází k drcení a zpevňování částic, proto zde nelze míchat měkké kovy [2].

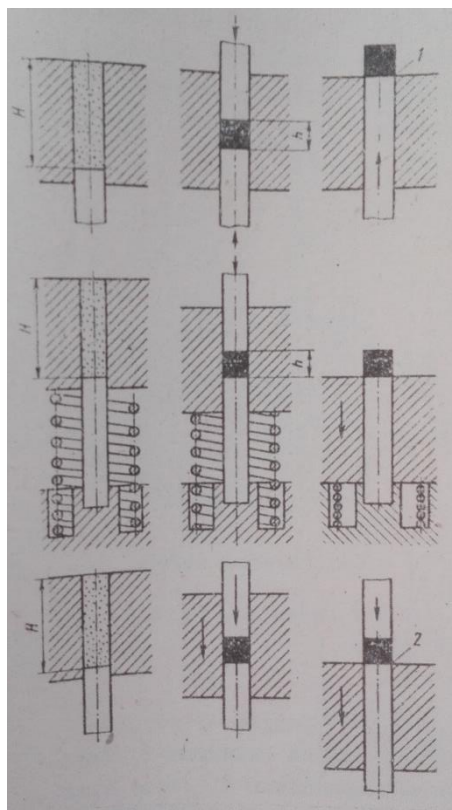
Tvarování směsí

Tvarováním směsi se rozumí získání předmětu požadovaného geometrického tvaru, rozměrů a vlastností. Tvarování lze uskutečnit dvěma metodami: za použití tlaku a bez použití tlaku. Pokud tvarujeme za použití tlaku, pak se jedná o lisování, protlačování, válcování a kování, tvarováním bez použití tlaku je pak volné spékání a odlévání. Taktéž rozlišujeme tvarování za tepla a za studena.

Pro dosažení potřebné hustoty a docílení co nejpřesnějšího požadovaného tvaru se používají různé tvarovací metody, které mohou zastoupit i proces spékání. Mezi nejrozšířenější způsob tvarování patří lisování (Obr. 3.13). To se provádí buď za studena s tím, že výlisek je následně slinován v peci, nebo existují různé kombinace těchto dvou kroků. Jednou z takových metod je žárové lisování, kdy prášek je vylisován a zároveň slinut. Další metodou je izostatické lisování. Využívá se při lisování takřka neslisovatelných prášku a směsí, jako jsou hrubé nebo velmi jemné prášky a prášky s velmi vysokou tvrdostí. I když je tato metoda technologicky náročná, tak je jí možno dosáhnout mnohem lepších mechanických vlastností než při klasickém lisování. Mezi lisovací metody můžeme zařadit taktéž kování, kdy se provádí kování nespékaného výlisku (powder-forging) nebo spékaného výlisku (sinter-forging).

Další tvarovací metodou je válcování, při kterém se přivádí válcovaný a následně spékaný materiál mezi vodorovně umístěné válce. Tloušťka získaného pásu pak závisí na vzdálenosti válců, hrubosti válcovaného prášku a na průměru válců. Spékání se provádí v průběžné peci za použití vyšších teplot z důvodu kratšího pobytu pásu v peci. Například pro železné prášky se volí teploty okolo 1400 °C. Touto metodou je možno vyrábět různé bimetalické a vícekompaktní pásy. Například jsou takto vyráběny pásy pro kluzná ložiska.

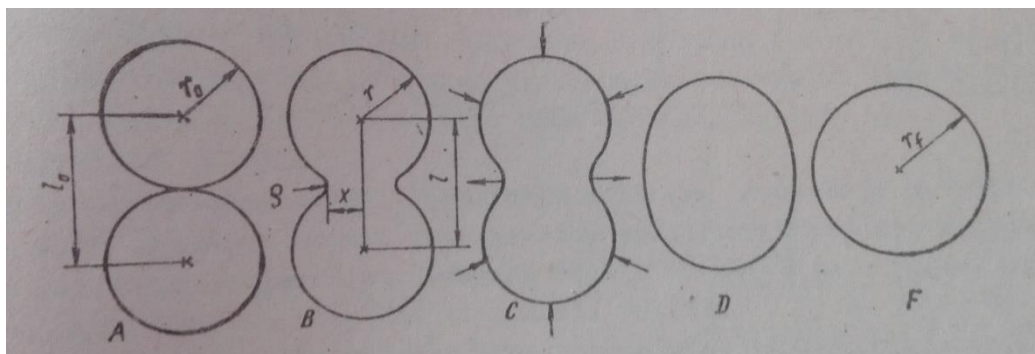
Dále se také používá protlačování za tepla a za studena. Při protlačování za tepla se používá protlačovací lis, do kterého se vkládají předlisované spečené nebo nespečené materiály a ty se dále protlačují, čímž vznikají polotovary ve formě různých tyčí a profilů. Nejdůležitějším prvkem je volba správného pojiva. Touto metodou se vyrábějí trubky z vysokolegovaných antikoročních ocelí do průměru až 100 mm [2].



Obr. 3.13 Schéma lisování práškových materiálů [2].

Spékání

Spékání nebo též slinování má za cíl zvýšení soudržnosti výlisku zkvalitněním a zvětšením styčných ploch mezi částicemi, vytvořením slitin, případně sloučenin v místě styku a také odstranění deformačních zpevnění materiálu vzniklých při lisování. Podstatou je, že při spékání dochází, v souladu se snižováním energie, k růstu zrn, migraci jejich hranic a zmenšování pórů. Konečná rekrystalizace také vede ke snížení objemů pórů. Schematický náčrt procesu slinování je možno vidět na obrázku 3.14 [2].



Obr. 3.14 Průběh jednotlivých stádií spékání [2].

Damasteel

Damasteel je ocel vyrobena pomocí práškové metalurgie metodou horkého izostatického lisování (HIP), kombinující vlastnosti nejlepších nožírských ocelí. Damasteel kombinuje krásu tradičního damašku s dokonalostí moderních ocelových slitin a vytváří tak nejčistější nerezovou ocel s opakujícím se vzorem, která odolává i těm nejnáročnějším podmínkám (Obr. 3.15).

Damasteel se vyrábí pomocí technik práškové metalurgie, kdy roztavený kov je prvně atomizován. Vzniká prášek, který je jemný a obsahuje veškeré legující prvky. Tento prášek je lisován za studena a následně lisován izostaticky za tepla. Po tomto zpracování vzniká pevný kus oceli, který má dokonalou strukturu. Damasteel se dále upravuje kováním a válcováním, ale pouze k tomu, aby bylo dosaženo požadované velikosti, ne ke zlepšení struktury, která je již od počátku dokonalá. Následně se ocele kovají dohromady pro získání charakteristického vzoru. Každý vzor je ručně dělaný a je výsledkem umělecké práce každého kováře.

Nejdůležitějším rozdílem mezi Damasteel a klasickou damaškovou ocelí je korozivzdornost, která se získává spojením dvou nerezových ocelí RWL-34 a PMC-27. Ocel RWL-34, díky zvýšenému obsahu molybdenu a vanadu, odolává leptání a ve výsledné struktuře se jeví jako světlá složka. Ocel PMC-27 má nižší obsahy legujících prvků, a proto odolává leptání méně. Ve struktuře se jeví jako tmavá složka. Ve výsledku lze říct, že Damasteel je jednou z nejlepších, ne-li nejlepší nerezová damašková ocel na světě [25].



Obr. 3.15 Charakteristický vzor oceli Damasteel [25].

Ocel ZDP-189

Ocel ZDP-189 je nerezová martenzitická ocel vyráběná metodami práškové metalurgie firmou Hitachi Metals (Japonsko). Slitina je uváděná jako 3C20CrMoW, kde není znám obsah molybdenu a wolframu. Tato ocel dosahuje mimořádných hodnot tvrdosti 64-66 HRC na úkor houževnatosti. Díky tomu může být čepel mnohem tenčí, což znamená menší úhel břitu a snazší krájení materiálu. Tento materiál je patrně jeden z nejlepších nožářských materiálů ocelového charakteru na světě [3, 24].

Ocel SB1 – Niolox

Niolox je vysoce legovaná ocel vyrobená technologií práškové metalurgie vyráběná firmou Lohmann steel. Spojuje skvělé řezné charakteristiky vysokouhlíkových ocelí s dostatečnými korozními vlastnostmi nerezových ocelí, přestože je ochuzená o legury křemíku a manganu. Obsahuje 0,8 % uhlíku, 12,7 % chrómu, 1,1 % molybdenu, 0,9% vanadu a 0,7% niobu, kde niob výrazně zvětšuje jemnozrnnost oceli, což se pak projeví v odolnosti ostří a dobré řezivosti. Velmi pozitivní vlastností je jednoduché obnovení ostří na velmi jemnozrnných brouscích, a to i při malém řezném úhlu (18 až 20°). Niolox dosahuje tvrdosti 58 až 63 HRC. Tato ocel je velmi často používaným nožářským materiálem, který má všechny požadované vlastnosti, jako je korozivzdornost, abrazi vzdornost, jednoduchá brousitelnost, relativně vysoká tvrdost a ostří je velmi stabilní a kvalitní [36].

Ocel ELMAX

Ocel ELMAX je ocel vyráběná pomocí práškové metalurgie firmou Uddeholm. Jedná se o nerezový materiál s velice jemným zrnem, které je závislé na velice jemném ocelovém prášku. Ten je výchozí surovinou pro výrobu této oceli. Obsahuje 1,7 % uhlíku, 18 % chrómu, 0,3 % manganu, 1 % molybdenu, 0,8 % křemíku a 3 % vanadu. Tato ocel předčí svými vlastnostmi kvalitní a drahé oceli jako jsou CPM S10V až S30V a také skvělou

ocel M390 firmy Böhler. ELMAX je mnohem houževnatější se skvělými řeznými vlastnostmi a mnohem lepší brousitelnosti v již zakaleném a popuštěném stavu než zmíněné oceli. Taktéž má velkou odolnost vůči opotřebení, velkou pevnost v tlaku a nadprůměrnou korozní odolnost. ELMAX dosahuje tvrdosti 60 až 61 HRC, ale je nutná široká škála tepelného zpracování kombinující žíhání naměkko, rekrytalizační žíhání, izotermické kalení a popouštění, kde kalení se provádí pod mražením za použití tekutých par dusíku o teplotě -196°C [40].

Ocel M390

Ocel M390 je vyráběná technologií práškové metalurgie. Vyvinuta je pro nože, u kterých je vyžadovaná vysoká korozivzdornost, vysoká tvrdost a vynikající odolnost proti opotřebení. Tato ocel obsahuje 1,9 % uhlíku, 0,7 % křemíku, 0,3 % manganu, 20 % chrómu, 1 % molybdenu, 4 % vanadu a 0,6 % wolframu. Struktura je velice jemnozrná v žíhaném, kaleném i zušlechtěném zpracování. Dosahuje tvrdosti 60 až 62 HRC. Ocel má vysokou houževnatost díky tvaru karbidů, které nemají ostré obrysy a nedochází tak ke vzniku strukturních mikrovrubů, který způsobují vylamování karbidů. Taktéž je díky jemnozrné struktuře eliminována nukleace mikrotrhlin v martenzitu [39].

Vanadis 4E

Vanadis 4E je ocel vyrobená firmou Böhler-Uddeholm pomocí technologie práškové metalurgie. Tato ocel obsahuje 1,4 % uhlíku, 4,7 % chrómu, 3,5 % molybdenu, 3,7 % vanadu, 0,4 % manganu, 0,4 % křemíku. Je jednou z nejvhodnějších pro výrobu nožů obecně, pokud není vyžadovaná korozivzdornost. Je abrazi vzdorná, odolná vůči opotřebení. Dosahuje dobrých hodnot houževnatosti, tažnosti a tvrdosti 66 až 67 HRC [44].

3.3.9 Výroba ocelí pomocí metody Crucible Particle Metalurgy (CPM)

Tato metoda byla vynalezena firmou Crucible Specialty Metals Div., Colt Industries. Principem této metody je uzavření a utěsnění kovového prášku v ocelové plechovce. Naplněná a utěsněná ocelová plechovka je následně izostaticky lisovaná za tepla na výslednou hustotu a poté je získán tvar výsledného obrobku pomocí konvenčního kování a válcování. Tyto vysokolegované ocele se pak dají charakterizovat kompletní homogenitou v celé struktuře materiálu, jelikož karbické částice jsou mnohem jemnější a rovnoměrněji rozložené než při konvenční výrobě. Touto metodou se vyrábějí vysokolegované nástrojové ocele, které mají mnohem lepší výsledné vlastnosti než oceli vyráběné konvenčně [5].

CPM Rex 121

Tato ocel je vysoko legovaná rychlořezná ocel. Obsahuje 3,4 % uhlíku, 4 % chrómu, 5 % molybdenu, 10 % wolframu, 9,5 % vanadu a 9 % kobaltu. Díky takto vysokým obsahům legur má tato ocel vysokou odolnost vůči opotřebení, tvrdost za nízkých i vysokých teplot dosahovaných při obrábění. Díky své obrovské tvrdosti, v některých případech 70 až 72 HRC. Je velice náročná na zpracování a následné broušení, které při takto vysoké tvrdosti velice náročné i pro ty nejtvrdší brusné materiály [37, 38].

CPM-S125V

Ocel CPM-S125V patří mezi vzácné ocele používané jako nožířský materiál. Jedná se o nástrojovou ocel vyráběnou metodou CPM s vysokým obsahem uhlíku 3,3 % a vanadu 12 %, díky čemuž má několikanásobně vyšší hmotnost než většina konvenčních ocelí. Toto složení přináší oceli tvrdost 59-65 HRC s vysokou odolností proti opotřebení. Při výrobě

této oceli pomocí metody CPM dochází ke vzniku maximálně homogenní struktury, což vede k eliminaci slabých míst, a tak i vzniku trhlin. Avšak tato ocel má hlavní nevýhodu v náročnosti výroby samotné čepele a nutnosti použití speciálních technik a nástrojů, proto je přamálo společnosti, které jsou schopny tento materiál kvalitně zpracovat [20, 21].

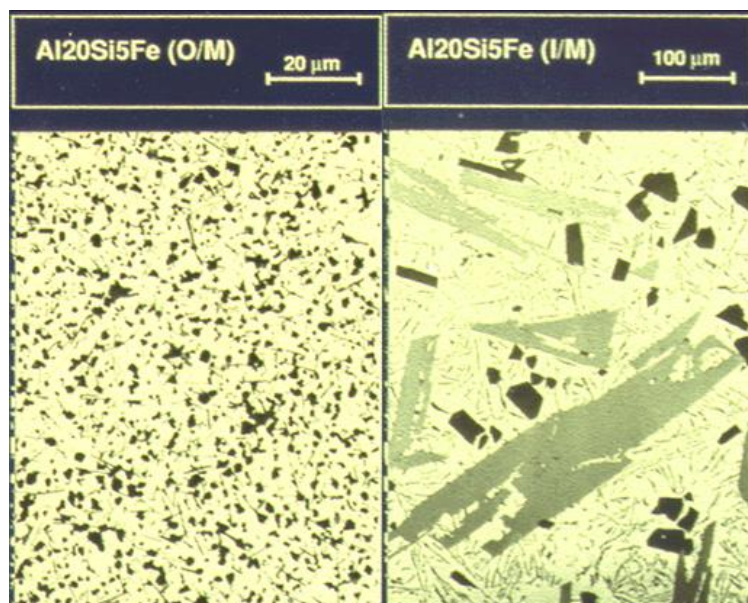
CPM-10V a CPM-15V

U oceli CPM-10V se taktéž jako u oceli CPM-125V jedná o vysokouhlíkovou a vysoko vanadiovou nástrojovou ocel vyrobenou metodou CPM. Obsah uhlíku u této oceli je 2,45 % a obsah vanadu 9,75 %. Tato ocel se používá primárně u nástrojů, kde je požadována vysoká odolnost vůči opotřebení, tvrdost a práce za studena, což je požadováno u nástrojů pro objemové a plošné tváření. O vhodnosti této oceli jako nožířského materiálu pak nemůže být pochyb. Vlastnosti jako jsou řezivost, korozní odolnost a abrazi vzdornost, jsou lepší než u srovnatelných nástrojových ocelí. I když je tato ocel díky vysokému obsahu uhlíku špatně obrobitelná a pro zjednodušení výroby čepele je nutné žihání. Její brousitelnost je velmi dobrá. Čepel se pak dá velice kvalitně nabrousit a její odolnost vůči mechanickým a silovým opotřebením je mimořádně vysoká. Někteří nožíři dosahují tvrdosti až 63 HRC.

Ocel CPM-15V má oproti oceli CPM-10V 3,4 % uhlíku a 14,5 % vanadu, což vede nejen k nižší obrobitelnosti, ale i ke snižování houževnatosti a k nárůstu tvrdosti a kvality ostří. Taktéž jako ocel CPM-10V má ocel CPM-15V mimořádnou odolnost proti opotřebení a delší životnost ostří díky vysokému obsahu vanadu. V průmyslu našla tato ocel uplatnění jako materiál pro výrobu zápustek, řezných nástrojů a forem pro přesné lití. Tato ocel dosahuje hodnot tvrdosti v rozmezí 59-62 HRC. Díky těmto vlastnostem našla ocel CPM-15V uplatnění v čepelích, na které jsou kladeny požadavky extrémní odolnosti proti opotřebení a nutnost vysoké tvrdosti, kdy tyto vlastnosti umožňují snadný průnik čepele do řezaného materiálu. Nároky na ostření v průběhu používání jsou takřka nulové [3, 22, 23].

3.3.10 Výroba ocelí pomocí metody Spray Forming (SF)

Je to metoda vyvinutá kolem roku 1970. Díky této metodě je možno vyrábět vysoce legované nástrojové oceli s rovnoměrným rozložením a velikosti karbidu. Tato metoda je mnohem levnější než metoda PM či CPM, jelikož obsahuje méně technologických kroků. Celý proces začíná atomizací roztaveného kovu jako u metody CPM, kde jsou širší ústí trysek cca 3 mm. Po vytečení roztaveného kovu z těchto trysek je tavenina usměrněná vysokotlakými tryskami s inertním plynem a takto usměrněné napůl ztuhlé částčky dopadají na rotující kovový disk, kde se spojují v jeden polotovar. Takto vyrobené slitiny mají rovnoměrně rozložené karbidy velikosti okolo 10 μm , které jsou větší než u moderních metod práškové metalurgie, avšak jsou mnohem menší než u typicky odlévaných ingotových ocelí. Porovnání oceli vyrobené metodou SF a konvenčním odléváním je možno vidět na obrázku 3.16 [29, 33].



Obr. 3.16 Porovnání struktury vzniklé metodou SF (vlevo) s konvenčním odléváním (vpravo) [33].

3.3.11 Keramika

Keramika našla své opodstatnění v různých odvětvích, kdy jsou na materiál používány v extrémních podmínkách. Například pokud je vyžadována vysoká odolnost proti opotřebení, vysoká teplotní stálost a vysoká tvrdost při vysoké teplotě. V nožířství má keramika uplatnění hlavně díky své schopnosti nepodléhat degradaci materiálu. Keramika je odolná vůči korozi, kyselinám, olejům, solím a mnoha dalším prvkům, díky čemuž nikdy neovlivní chuť jídla. Například keramické nože vyráběné firmou Kyocera mají desetkrát delší životnost ostří a poloviční hmotnost než standardní ocelové nože. Jelikož je keramický nůž velice lehký, je na snaze omezovat hmotnost rukojeti, aby vznikl co nejvyváženější a nejlehčí nástroj, který omezuje únavu při dlouhodobém opakovaném krájení. Avšak při používání těchto nožů stejným způsobem, jako nože ocelové, dojde k vytvoření jemných zoubků a znehodnocení ostří, což ve většině případů lze opravit a nůž přivést do stejné kvality pouze výrobce samotného nože.

Proces výroby je počat vytěžením správné zeminy s vysokým obsahem zirkonia, které se následně separuje v odstředivých spirálách, mele a drtí, dokud nevznikne jemný homogenní prášek oxidů zirkonu. Homogenita prášku je důležitá pro kvalitu výsledných mechanických vlastností čepele. Tento prášek je následně lisován vysokotlakými mechanickými nebo hydraulickými lisami do tvaru obrobku, v tomto případě čepele, silou cca 3 000 000 N. Po lisování následuje slinování, kdy se vzájemně dotýkající částice vlivem tepla slinou. Teploty slinování se blíží teplotám tavení u oxidu zirkoničitý cca 1000 °C. Někdy se lisování a slinování spojuje v jeden proces nazvaný žárové lisování, kde je výchozí hmota vložena do grafitových forem a pak lisovaná při teplotách vyšších než 1700 °C. Taky se snižuje objemová hmotnost a snižuje pórovitost pomocí izostatického žárového lisování, kdy již slinuté polotovary jsou vystaveny tlaku inertního plynu při teplotách nad 1500°C. Po slinutí jsou polotovary ve vibračních bubnech obroušeny do hladkého povrchu a následně je vytvořen výbrus pomocí diamantových kotoučů. Finálního ostří je dosaženo až broušením mistry, kteří kvalitu ostří zkoušejí sami na sobě [9, 13].

Při použití keramiky jako materiálu pro čepel nože však nastává problém s životností ostří a jeho údržbou. Pokud bude keramický nůž používán stejně jako nůž ocelový, bude záhy poškozen. Ostří bude znehodnoceno, jelikož se na něm vytvoří zoubky a pro opravu takto poškozeného ostří je třeba speciálních a kvalitních diamantových brousku, kterými často disponují pouze výrobci samotného keramického nože. Verdiktem je, že tyto nože řezou krásně a vydrží dlouho ostré, ale pouze pokud při velké ohleduplnosti. Proto není vhodné použití tohoto materiálu pro lovecké, či jinak používané nože v přírodě a extrémních podmínkách [8].

3.4 Tepelné zpracování

Tepelným zpracováním se získávají potřebné mechanické, technologické a jiné užité vlastnosti na základě fázových a strukturních přeměn v tuhém stavu, ke kterým dochází díky řízeným změnám teploty [12].

3.4.1 Žihání

Žihání je proces, jehož cílem je dosažení rovnovážného strukturního stavu. Dělí se na žihání s překrystalizací a bez překrystalizace. Nožírské oceli jsou ve většině případu vysokolegované a u těchto ocelí se používá pouze žihání bez překrystalizace, jelikož s rostoucí teplotou se rozpouštějí karbidy a jiné vytvrzující fáze ve feritu nebo v austenitu těchto ocelí, což je nežádoucí jev. Nejpoužívanějším žiháním aplikovaným na nožírské oceli vyráběné nekonvenčními metodami je žihání na měkko a žihání rekrystalizační [12].

Žihání na měkko

Jedná se o žihání, při kterém dochází ke sferoidizaci perlitu případně sekundárního cementitu za teplot v oblasti teploty A_1 . U podeutektoidních ocelí se ohřívá na teplotu mezi 600 až 720 °C s výdrží 4 hodiny a následným pomalým ochlazením v peci, kde dojde ke změně perlitu lamelárního na perlit zrnitý. U nadeutektoidních ocelí se ohřívá nad teplotu A_1 , kdy dochází k rychlé sferoidizaci sekundárních případně ledeburitických karbidů, následuje velice pomalé ochlazení (10 až 15 °C/h). Díky výše zmíněné strukturní změně se zlepšuje obrobiteľnost těchto ocelí [12].

Rekrystalizační žihání

U tohoto žihání se odstraňují deformační zpevnění vzniklá v průběhu tváření za studena. Žihací teploty jsou rozdílné u polymorfních ocelí 550 až 750 °C, u nepolymorfních feritických ocelí se volí teploty okolo 800 °C a u austenických ocelí až 1100 °C. Výdrž bývá 1 až 5 hodin [12].

3.4.2 Objemové kalení

Kalení se skládá ze tří technologických operací. První operací je ohřev na požadovanou teplotu kalení. Následuje výdrž na této kalící teplotě po určitou dobu. Posledním krokem je rychlé ochlazení součástí. V průběhu výdrže, která je vždy na teplotě vyšší než 723 °C, dochází ke změně železa α (ferit) na železo γ (austenit), kde v austenitu se může rozpouštět větší množství uhlíku než ve feritu. Následné rychlé ochlazení materiálu vede k zamražení uhlíku v jemnou zrnitou strukturu, vytvářející tetragonální prostorově středěnou mřížku, která se nazývá martenzit [4].

3.4.3 Povrchové kalení

Při povrchovém kalení je kladen důraz na tvrdý povrch a houževnaté jádro, toho se dosáhne rychlým ohřevem povrchu tělesa a jeho zakalením. Takto vzniklá struktura povrchové vrstvy je martenzitická a je jemnější než struktura vzniklá při objemovém kalení [12].

Indukční povrchové kalení

Při indukčním kalení se povrchová vrstva ohřívá pomocí vysokofrekvenčním střídavým proudem v induktoru. Díky střídavému proudu se ve vloženém elektricky vodivém předmětu indukují vířivé Foucaultovy proudy, které těleso ohřívají. Nejvyšší teplota je pak na povrchu předmětu. Tloušťka této ohřáté vrstvy je pak nepřímo úměrná frekvenci proudu a její velikost je 1 až 6 mm. Toto kalení je vhodné pro menší plochy a velké výrobní série, jelikož je jeho zavedení do výroby nákladné, avšak celý proces může být automatizován [12].

Povrchové kalení plamenem

Je jednou z metod povrchového kalení, kdy se povrch materiálu nahřívá kyslíko-acetylenovým hořákem. Ohřev je při této metodě pomalejší, tloušťka zakalené vrstvy je větší a výsledná struktura je horší. Tato metoda je ekonomičtější a je vhodná pro dynamicky namáhané součásti [12].

Kalení laserem

Kalení materiálu laserem je specializována rychle se rozvíjející metoda, která zvyšuje celkovou životnost, zlepšuje pevnostní charakteristiky a únavovou odolnost.

Kalení laserem našlo ve strojírenství uplatnění zejména díky své ekonomické náročnosti, která je minimální vzhledem ke konvenčním metodám kalení. Při konvenčním kalení je třeba zvážit velikost a tvar induktoru, volbu vhodného chladicího média atd. Taktéž je tato hospodárnost zlepšena vysokou efektivitou distribuce energie na kalený povrch, i když vlastní účinnost laseru je celkem malá cca 35 %.

Při kalení laserem se používají CO₂ lasery, Nd:YAG lasery, vláknové lasery a vysoce výkonné diodové lasery pracující s relativně krátkými vlnovými délkami. Principem laserového kalení je dodávání tepla povrchu kalené součásti pomocí laseru, který za krátkou dobu (až 1000 K/s) nahřeje ozařovanou plochu nad austenizační teplotu, často až k teplotám blízkým tavení, kde se uvolňuje přítomný uhlík. Po krátké výdrž (0,8-8,0 vteřin) na kalicí teplotě, při které se teplo distribuuje do potřebné hloubky, následuje prudké ochlazení způsobené celkovou hmotou kalené součástky, bez potřeby jiných ochlazujících medií. Ve speciálních případech se ochlazení provádí pomocí usměrněného proudu studeného vzduchu. V kalené vrstvě vzniká martenzitická struktura s krátkými jehlicemi, drobnými karbidy a malou velikostí zrn, přičemž roste tvrdost, ale houževnatost jádra je zachována. Díky tomu že materiál chladne od středu součásti, je teplotní gradient příznivější, což nevede ke vzniku vnitřních pnutí a nevznikají následné kalicí trhliny. Jelikož je tepelné ovlivnění okolního materiálu nízké, nedochází ke vzniku deformací, což umožňuje snížit přídavky na následné broušení a eliminuje potřebu rovnání.

Kalení laserem má vliv i na otěruvzdornost, kdy při zkoušce pin on disc, kdy je hodnocena otěruvzdornost při pohybu kuličky po zpevněném povrchu. Bylo zjištěno, že tribologická stopa kuličky, která se pohybovala po povrchu objemově kalené součásti, byla až dva krát větší než tribologická stopa kuličky pohybující se po povrchu laserem kalené součásti.

Taktéž povrchy součástek kalených laserem, jsou méně náchylné k lomovému chování než součástky nitridované, případně cementované. Toto je způsobeno malým tepelným ovlivněním matrice a ta si zachovává své vlastnosti, kdežto při nitridaci se tvrdá vrstva v důsledku vnitřních pnutí snadno poruší, práce potřebná k šíření trhliny je značně větší. Při cementaci je teplota vysoká a výdrž dlouhá, což způsobuje ovlivnění cementované vrstvy, ale i matrice. Nárazová práce nutná pro šíření trhliny je pak malá.

Laserové kalení využívají především firmy zabývající se výrobou forem pro vstřikování plastů, lisování plechu, ostřihování textilií atd. Kalit se dají tenká ostří, dosedací a třecí plochy, ozubení, hřídele, turbinové lopatky atd. Kalí se různé druhy oceli s obsahem uhlíku alespoň 0,3 %, ale kalit se dají také litiny, které je možné zakalit až na tvrdost 65 HRC. Možno je také kalit cementované a nitridované součásti [4, 18, 19].

3.4.4 Popouštění

Po kalení oceli je nutno popouštět, kde procházejí obě nerovnovážné fáze změnami, tj. martenzit a zbytkový austenit a průběh těchto změn je závislý na teplotě a době popouštění. Při těchto změnách dochází ke snižování zbytkového austenitu a k transformaci tetragonálního martenzitu na martenzit kubický. U legovaných ocelí je nutné popouštět za vyšších teplot, kdy vznikají speciální karbidy s mřížkou lišící se od cementitu. Precipitace těchto karbidů je podmíněná difuzí substitučních prvků, kterými jsou tyto karbidy tvořeny a je dostatečná až od teplot vyšších než 500 až 600 °C. U některých legovaných ocelí vede tato precipitace ke zvýšení tvrdosti při popouštění a tento jev se nazývá jako sekundární tvrdost. Při těchto teplotách dochází ve vysoce legovaných ocelích s vyšším obsahem uhlíku k přeměnám zbytkového austenitu. Tento austenit je značně teplotně stabilní a jeho přeměna počíná až za teplot nad 500 °C, kdy z přesyceného austenitu precipitují karbidické fáze. Tímto se austenit ochuzuje o uhlík a karbidotvorné prvky. Takový austenit má menší stabilitu a vyšší teplotu M_s , díky čemuž během ochlazování může transformovat na martenzit, čímž se zvyšuje tvrdost. Tento proces se nazývá tzv. sekundární kalení [12].

3.5 Povrchové úpravy

Je důležité rozlišit vrstvy a povlaky. Vrstva vzniká modifikací povrchu základního materiálu, kdežto povlak vzniká nanesením povlakujícího materiálu na povrch základního materiálu. Ochrana čepelí nožů vrstvami je známa již od raného středověku. Čepel se opatřovaly oxidickými vrstvami, které měly zvýšit odolnost vůči korozi, používalo se modření, případně černění. Pro zvýšení estetické hodnoty se taktéž používaly vrstvy zlata, nebo stříbra. Také se používalo plátování, kdy se čepel obalovaly fóliemi z různých kovů, avšak takto oplátované čepel začaly korodovat na rozhraní materiálu čepel a fólie. S postupem času byla vynalezena metoda Parkerizace, která je používána pro snížení reflexivity, metoda byla hojně využívána v průběhu druhé světové války. Dnes se touto metodou tvoří antireflexní vrstvy u levnějších nožů.

Okolo sedmdesátých let minulého století se začaly objevovat nože s první kvalitní povlaky s černým chromem, zlatým chromem a byly potaženy zvláštním plastem mnoha barev s obchodním názvem Teflon®. Tyto povlaky vykazovaly pak velice dobré výsledky z hlediska odolnosti proti otěru i korozi.

V posledních letech je nejčastěji používaným povlakem čepelí nitrid titanu, který je dokonale antikorozi. Nevýhodou je že při aplikaci tohoto povlaku odpadá možnost nabrousit ostří do maximální ostroty, jelikož povlak je tvrdý a má svou vlastní tloušťku. Někteří nožíři povlakuji čepel pouze z jedné strany, čímž zaručí možnost jednoduchého ostření pouze z jedné strany. Pokud je povlak nanesen na čepel z nerezového materiálu s vyšším obsahem uhlíku, je pak frekvence broušení minimální.

Mezi nejnovější antikorozi a antireflexní organické povlaky patří Black-T®, což je velmi kvalitní teflon vyvinutý speciálně pro zbrojní průmysl. Vlastnosti tohoto povlaku jsou především houževnatost a oteruvzdornost.

V dnešní době je spousta povlaků využívaných pro čepel nožů. Tyto povlaky se dělí do několika skupin [34]:

- Organické nekovové vrstvy a povlaky
- Anorganické nekovové vrstvy
- Anorganické kovové povlaky s velkou odolností

Organické nekovové vrstvy a povlaky

Mezi nekovové organické povlaky můžeme zařadit povlakování metodou Blackfast, což je vlastně černění povrchu čepel. Je to relativně levný a nenáročný postup, který nevyžaduje velké prostory. Spočívá v postupném namáčení rzi zbavených čepelí do čtyř kapalin, které mají pokojovou teplotu, přičemž se mezi jednotlivými lázněmi čepel oplachují vodou.

Mezi organické povlaky patří Teflon® a Black-T®. Teflon® je nenasákavý, odolný vůči světlu, stárnutí, křehnutí a jeho mechanické vlastnosti v teplotních rozmezích 200-250 °C nejsou téměř závislé na teplotě. Nevýhodou povlaku Teflon® je nižší abrazi vzdornost, kterou bylo snaha řešit vývojem povlaku Black-T®, který je v dnešní době nanášen většinou nožířských firem na čepel vyrobené z oceli, které mají vysokou řezivost, ale nízkou korozivzdornost. Příklad takto upravené čepel je na obrázku 3.17 [34].



Obr. 3.17 Nůž od firmy Kershaw s povlakem Black-T® [34].

Anorganické nekovové vrstvy

Mezi anorganické nekovové vrstvy je možno zařadit vrstvy konverzní, které vznikají chemickou nebo elektrochemickou reakcí kovového povrchu s prostředím, kterému je čepel vystavena v průběhu povrchové úpravy. Na povrchu čepele tedy vznikají nejčastěji vrstvy oxidů, fosforečnanů a chromátů kovů. Takto vzniklé vrstvy mají různé vlastnosti, nejčastěji je to ochrana korozní, ale mohou fungovat jako mazivo, mohou mít zvýšenou tvrdost, otěruvzdornost, nebo mohou být pouze dekorativní [34].

Anorganické kovové povlaky s velkou odolností

Kovové anorganické povlaky nejvíce zvyšují životnost a dosahují nejlepších mechanických vlastností. Existují dvě metody depozice těchto povlaků. Jednou je metoda chemické depozice povlaků CVD. Druhou je metoda fyzikální depozice povlaků PVD. Metoda CVD využívá směs chemický reaktivních plynů (CH_4 , C_2H_2) zahřátou na vysoké teploty 900-1100 °C, kde reakční složky jsou přivedeny v plynné fázi. Povlak vzniká na povrchu oceli heterogenní reakcí. Metoda PVD je založena na fyzikálních principech, kde nejprve dochází k odpařování materiálu obsažených ve vrstvě (Ti, Al, Si, Cr, atd.) a jejich následné nanesení na povrch oceli.

Jedním z těchto povlaků je nitrid chromu CrN, má kovovou stříbrnou barvu a tvoří houževnatý tenký povlak s vysokou tvrdostí. Má dobrou oxidační odolnost s nízkým součinitelem tření. Korozně je odolnější než TiN, převážně ve vodním prostředí, díky čemuž nahrazuje metodu plátování chromem a jeho tvrdost je dvakrát větší než u konvenčního tvrdochromového povlaku.

Dalším povlakem je nitrid titanu (TiN) který se primárně nanáší metodou PVD (Obr. 3.18). Tento povlak je mimořádně abrazi vzdorný, korozivzdorný a vhodný pro ocele pracující v extrémních podmínkách. Má nízký součinitel tření, který s rostoucí teplotou významně klesá. Díky své světlé zlaté barvě se často používá pouze jako dekorativní povlak, který vzhledově nahrazuje zlato [34].



Obr. 3.18 Nůž firmy Kershaw s povlakem z černého nitridu titanu [34].

Povlak z karbonitridu titanu (TiCN) má modrošedou až růžovou barvu (Obr.3.19) v závislosti na poměru $\text{Ti} : \text{C}$. Tento povlak je tvrdší než TiN a má nižší koeficient tření. Svých nejlepších vlastností dosahuje tam, kde vzniká vysoká teplota, jako jsou různé vrtáky výstružníky a vyměnitelné břitové destičky [34].



Obr. 3.19 Nůž firmy Kershaw s povlakem z karbonitridu titanu [34].

Dalším používaným povlakem je kombinovaný nitrid titanu a hliníku (TiAlN). Tento povlak zastupuje povlaky TiN ta, kde se generuje velmi vysoká teplota, a to zejména při obrábění titanu, hliníku, niklových slitin, slitinových ocelí, nerezových ocelí, slitin Co-Cr-Mo a litin. Barva vrstvy je závislá na poměru $\text{Ti}:\text{Al}$ a mění se od černé až do bronzova.

Posledním často používaným povlakem z této skupiny je boron karbid (B_4C), který je mimořádně abrazi vzdorný s fyzikálně a chemicky podobnými vlastnostmi jako má diamant, proto se někdy označuje názvem černý diamant (Obr. 3.20). Boron karbidu je ale i dostatečně houževnatý a uplatňuje se při konstrukci jaderných reaktorů, pancířů či neprůstřelných materiálů. Hlavními vlastnostmi jsou malá hmotnost, super vysoká tvrdost, erozní odolnost, vysoký modul pružnosti, absorpční neutronová schopnost a chemická odolnost vůči agresivním chemikáliím a NaCl . Tvrdost tohoto povlaku dosahuje 93–95 HRC [34].



Obr. 3.20 Nůž od firmy Kershaw s povlakem z černého leštěného boron karbidu [34].

4. NÁVRH LOVECKÉHO NOŽE – PRAKTICKÁ ČÁST

Při volbě konstrukce, výroby a zpracování loveckého nože je nutné určit, k čemu bude nůž používán. Pokud je potřeba vícestranného využití, pak je nutno určit primární použití. Lovecký nůž se používá převážně ke zpracování poražené zvěře. Z toho plyne, že je nutno najít vhodnou kombinaci nože zarazovacího a stahovacího. V této kapitole budou zváženy aspekty výroby loveckého nože kombinující vlastnosti stahovacího a zarazovacího nože. Bude zvolená vhodná konstrukce a její návrh, následující volbou materiálu, tepelným zpracováním a povrchovou úpravou.

4.1 Návrh konstrukce

Před vlastní volbou konstrukce je potřeba zvážit použití samotného nože a na základě této úvahy pak zvolit konstrukci, tvar čepele, výbrus a úhel ostří.

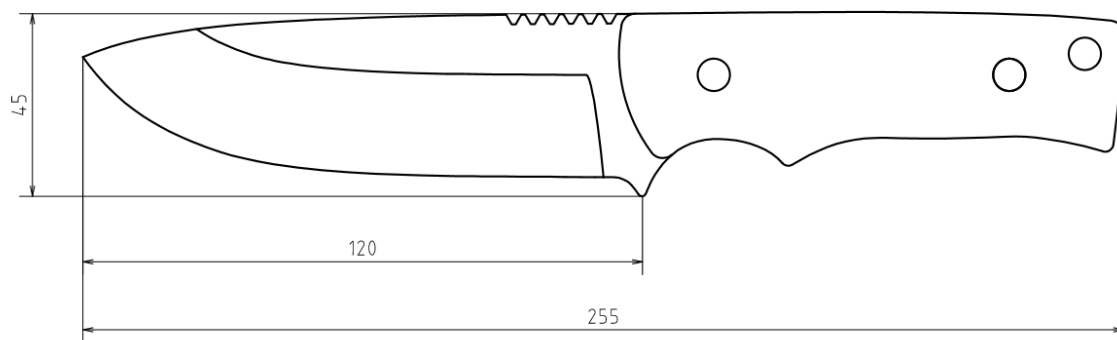
Nůž bude lovecký, používán ke stahování a zárazu zvěře a předpokládá se delší pobyt s tímto nožem ve volné přírodě. Proto je vhodné volit nůž pevné konstrukce, který není náročný na údržbu pohyblivého a pojistného mechanismu. U nože zavíracího může docházet k degradaci těchto mechanismu při působení vlhkosti a kyselých šťáv z vnitřností zvěře.

Dále je tedy nutné vybrat mezi konstrukcí s částečnou nebo s plnou stopkou. V dnešní době převládá konstrukce s plnou stopkou, jelikož je jednodušší a není nutno získat závit pro matici trnu. Taktéž z ekonomického hlediska je vhodnější konstrukce s plnou stopkou, jelikož se základní obrys nože získává, dnes stále častěji, vyřezáváním pomocí laseru, bez nutnosti dalšího obrábění.

Dalším voleným prvkem je tvar čepele. Stahovací nůž má čepel, která má větší břicho a nůž zarazovací je kvůli jednoduchému průniku do tkáně zvěře značně užší. Proto je vhodné volit šířku čepele do 5 cm, aby byly pokryty oba požadavky. Dále je vhodné, aby měl nůž sníženou špičku kvůli lepší penetraci tkáně. K tomu je voleno jednostranné ostří, což je výhodné v případě stahování kůže, kde se mohou o hřbet čepele opírat prsty s pro zamezení klouzání může být hřbet opatřen navíc ozubem. Tímto je zlepšena manipulace s nožem. Takovým požadavkům pak vyhovuje tvar čepele drop point, clip point nebo spear point. Volbou čepele tvaru drop point jsou zastoupeny všechny požadavky a čepel bude pevná a dobře brousitelná. Pokud je na snaze dosáhnout lepších penetračních schopností, pak je možno hřbet čepele opatřit tupým nebo nepravým ostřím. Délka čepele se volí okolo 12 cm, kdy nůž dosahuje nejlepších vlastností a příjemně se s ním manipuluje.

Posledním faktorem je výbrus. Při zadaných požadavcích je vhodné volit výbrus s větším úhlem, kvůli zlepšení výdrže ostří a díky kterému se nebude při stahování nůž zařezávat hluboko do masa a nebude jej tak znehodnocovat. Takové požadavky splňuje dvojitý kuželový výbrus případně výbrus konvexní. Pro snazší broušení je vhodné zvolit dvojitý kuželový výbrus, který může být nabroušen na standardních úhlových sadách bez potřeb speciálních brusných nástrojů. Pokud by byl zvolen příliš velký úhel výbrusu, řezný odpor by pak byl příliš velký, proto by bylo mnohem náročnější vykonávat dříve zmíněné úkony. Jako sekundární výbrus je tedy vhodný V-výbrus s výsledným úhlem 30-40°, čímž je dosaženo dobré řezivosti, ale především snadného oddělování kůže od masa.

Čepel se střenkami bude spojena ztracenými nýty, které mohou být například z titanu, talonitu nebo timascu, či jiné exotické slitiny zvyšující hodnotu nože. Případné rozměry a vzhled nože je možno vidět na obrázcích 4.1 a 4.2.



Obr. 4.1 Náčrt případné konstrukce nože.



Obr. 4.2 Výsledný vzhled nože bez povlaku.

4.2 Volba materiálu

Volba vhodného materiálu pro výrobu loveckého nože je náročná, jelikož v dnešní době trh disponuje spoustou ocelí s různými vlastnostmi. Různí nožíři se mohou v názorech na jednotlivé ocele a jejich použití lišit.

Při výrobě loveckého nože je na snaze dosáhnout co nejvíce abrazi vzdorné čepel, jelikož kůže a srst zvěře funguje jako jemný brousek. Může dojít k postupnému odbroušení ostří. Problémem je také, že úhel ostří je limitován homogenitou a velikostí zrn v použitém materiálu. Pokud jsou karbidy příliš velké a nerovnoměrně rozložené v materiálu, pak může docházet k rychlejšímu opotřebení ostří než za použití homogenního materiálu s malými karbidy, které udržují ostří odolné a kvalitní. Taktéž pokud je použita ocel, která má spoustu legujících prvků a úhel ostří je příliš nízký může docházet k vylamování karbických struktur a tím znehodnocování ostří.

Zvolit je možno ocele jak uhlíkové, tak speciální rychlořezné, nerezové vyrobené metodou CPM, nebo speciální slitiny jako NiTiNOL případně Nitrobe 77, které mají spíše hodnotu sběratelskou než funkční. Pravdou je, že většina lovců se o své vybavení stará, proto nutnost nerezové oceli odpadá, zde by bylo vhodné zvolit Niolox, který má skvělou abrazi vzdornost a je často aplikován jako materiál loveckých nožů díky jednoduchému ostření a schopnosti toto ostří následně dlouho držet. Dalšími možnostmi jsou ocele CPM-S125V nebo CPM REX 121, avšak tyto jsou velice tvrdé a samotná výroba a broušení čepel by bylo velmi náročné. Ve výsledku se jako možnost jeví ocel Vandis 4E, která dosahuje velké tvrdosti 66 až 67 HRC, je abrazi vzdorná, dostatečně houževnatá a má přijatelný obsah vanadu, což se projevuje na možnosti vytvořit velmi ostré a stabilní ostří. Korozivzdornosti je následně dosaženo povlakováním čepel.

Jako materiál rukojeti může být zvolena například mikarta, což je materiál vyrobený lisováním z plátna nebo papíru napuštěného epoxidovou pryskyřicí. Tento materiál je velice lehký a svou barvou a strukturou připomíná slonovinu. Je možno získat mnoho barevných odstínů. Nevýhodou tohoto materiálu, že je jedovatý. Proto je při jeho zpracování nutné použít roušku a při použití jako materiálu pro lovecký nůž by nasával pachy krve a jiných šťáv nacházejících se v těle zvěře. Je tedy vhodné zůstat u klasického dřeva, například železného dřeva, získávající se ze stromu *Eusideroxylon zwageri* z čeledě vavřínovitých, které je sice těžké, ale je obzvláště tvrdé a má tmavohnědou barvu, která skryje případné nečistoty a nebude na něm tolik vidět opotřebení.

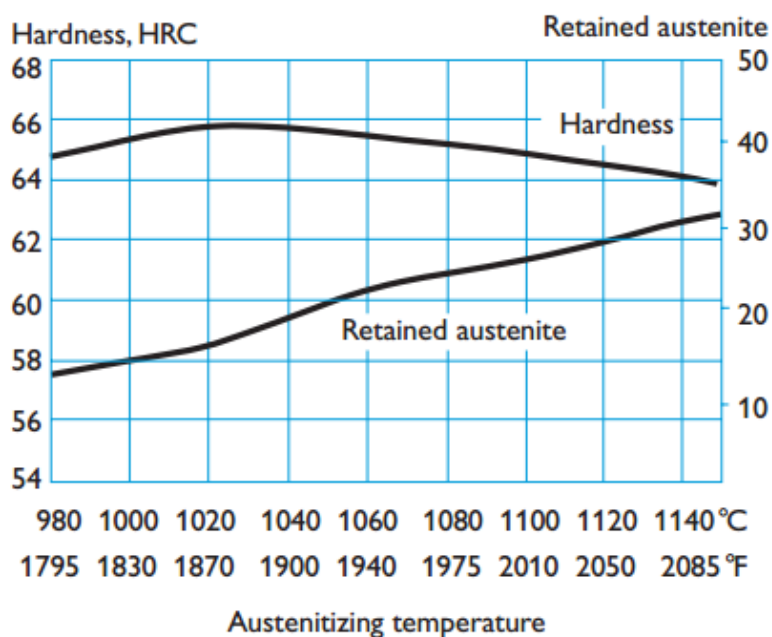
4.3 Tepelné zpracování

Před obráběním je vhodné ocel žíhat naměkko, čehož se docílí prohřátím oceli na 900 °C. Dále je nutné pomalé ochlazování rychlostí 10 °C za hodinu na teplotu 750 °C a poté ponechat ochladit volně na vzduchu. Důležité je ocel chránit proti oxidaci.

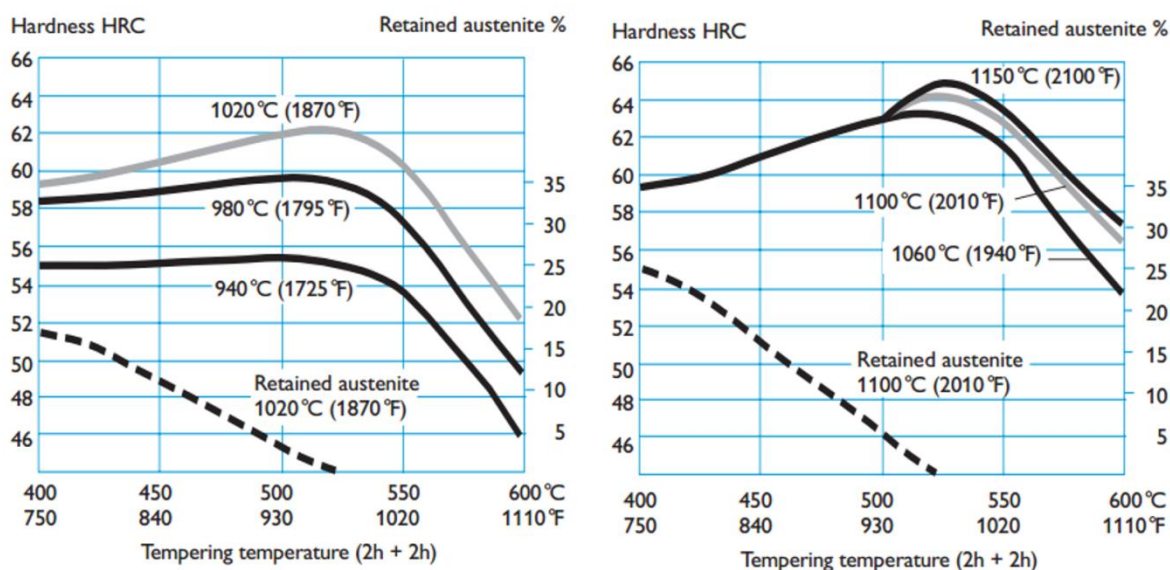
Čepel ze zvolené ocele Vanadis 4 Extra je vhodné po vyřezání a nabroušení rekrytalizačně žíhat, aby došlo ke snížení pnutí vzniknutých po obrábění čepel. Toto žíhání se provádí na teplotě 650 °C, kde je výdrž 2 hodiny, poté se ocel pomalu ochlazuje na teplotu 500 °C a pak se nechá volně ochladit na vzduchu.

Při kalení této oceli se provádí přehřev na teploty 600 až 700 °C. Austenitizační teplota se nachází mezi 940 až 1150 °C, pro dosažení nejlepší odolnosti vůči opotřebení se austenitizace provádí na teplotách mezi 1100 a 1150 °C s výdrží 15 minut. Austenitizační teplotu je možno zvolit na základě požadované výsledné tvrdosti (Obr. 4.3). Dobu výdrže je nutné dodržet, jinak hrozí zhrubnutí zrna a ztráta tvrdosti. Aby nedošlo k oduhličení a oxidaci během ohřevu je vhodné ohřívat ve vakuové peci. Ochlazování se může provádět třeba v hliníkových deskách, kde se může kontrolovat teplota tloušťkou desek, případně mohou být desky vyhřívány, čímž se zamezí vzniku trhlin v kalené oceli.

Po dosažení teploty 50 až 70 °C se čepel musí ihned popustit, aby se snížila hodnota zbytkového austenitu po kalení. Toto popouštění se provádí dvakrát s výdrží na teplotách ovlivňujících výslednou tvrdost zvolené podle popouštěcích diagramu (Obr. 4.4). Nejnižší popouštěcí teplota je 525 °C a minimální doba výdrže je 2 hodiny. Pokud by byla teplota nižší než 525 °C, hrozí vznik popouštěcí křehkosti. Takto popuštěný materiál je pak popuštěn na tzv. sekundární tvrdost. Jelikož je u materiálu čepelí požadovaná maximální stabilita, je možno po kalení čepel umístit na 3 až 4 hodiny do mrazu o teplotách -70 až -80 °C, následně popustit a nechat stárnout.



Obr. 4.3 Diagram závislosti výsledné tvrdosti na austenitizační teplotě [45].



Obr. 4.4 Popouštěcí diagramy pro austenitizační teplotu 1020 °C a 1150 °C [45].

4.4 Povrchové úpravy

Po zakalení a popouštění je dobré opatřit čepel povlakem, čímž se jí dodá korozivzdornost, zvýší se ořezivzdornost, odolnost vůči opotřebení a sníží se třecí odpor. Je důležité zvážit, jestli takový povlak bude ku prospěchu, jelikož má vlastní tloušťku a díky této tloušťce může být nůž nenávratně otupen. V kombinaci s ocelí Vanadis 4 Extra, která díky karbidům vanadu může být vybroušená na tenké ostří o šířce okolo 2 μm a díky tomu, že lovecké nože nemají požadavek maximální ostroty, ale abrazi vzdornosti, chemické odolnosti a odolnosti vůči opotřebení, je volba povlaku namístě. Také je vhodné, aby povlak byl nanášen pomocí metody PVD, která se pohybuje mezi teplotami 200 až 500 $^{\circ}\text{C}$ a nehrozí tak vznik popouštěcí křehkosti. Před samotným nanášením povlaku je povrch nutné dobře připravit. To znamená mechanické opracování například broušením a leštěním nebo chemické opracování například odmašťováním. Někdy je možno tyto metody kombinovat.

Pokud je na snaze dosáhnout co nejvyšší tvrdosti (93 až 95 HRC), chemické odolnosti a abrazi vzdornosti, pak je vhodné použít povlak boronu karbidu (B_4C), případný výsledný vzhled by korespondoval s obrázkem 4.5. Prášek z tohoto materiálu se nanáší ve tvaru tenkého filmu metodou PVD ve vakuové komoře. Ekonomičtější možností je volba povlaku TiN , který je také nanášen metodou PVD a tento povlak je také velmi abrazi vzdorný, ořezivzdorný a tvrdý.



Obr. 4.5 Výsledný vzhled nože s povlakem černého B_4C .

5. ZÁVĚR

Počáteční rešerše této práce se zabývá nožem obecně. Nože je možno dělit na základě mnoha specifik. Nejdůležitější je dělení mezi nože s pevnou nebo zavírací konstrukcí. Následuje dělení podle tvaru čepeli, kdy každý tvar čepel má vlastnosti potřebné pro jiný účel. Čepel s oboustranným ostrím jsou určeny spíše ke snadnějšímu průniku čepel do tkáně, kdežto čepel s jednostranným ostrím mají lepší řezné vlastnosti. Dalším prvkem je výbrus, který má vliv na kvalitu řezu.

U materiálu používaných na výrobu nožů je nutné sledovat chemické složení. Každý prvek ovlivňuje široké spektrum výsledných vlastností. Materiálů používaných na výrobu nožů je v dnešní době velké množství, což je zapříčiněno, že téměř každý kovový materiál průmyslově využívaný je možno použít pro výrobu nože, přestože nebude dosahovat nejlepšího výsledku. Tyto nože z různých nekonvenčních materiálů mají hodnotu převážně sběratelskou než funkční. Práce je zaměřena na materiály vyráběné převážně metodami práškové a pseudopráškové metalurgie. Z těchto materiálů se vyrábějí samotné nože, které se následně tepelně zpracovávají kalením a popouštěním, čímž se doladí optimální poměr mezi výslednou tvrdostí a houževnatostí.

V praktické části byl navrhnout lovecký nůž, který by měl odolávat co nejextrémnějším podmínkám a dlouhodobě udržet funkčnost při minimální údržbě. Takovým požadavkům nejlépe odpovídá pevná konstrukce nože, který kombinuje vlastnosti nože zarazovacího a stahovacího. Při volbě materiálu bylo rozhodováno mezi oceli CPM REX 121 a Vanadis 4E. CPM REX 121 je vysocelegovaná kombinující všechny potřebné vlastnosti na rozdíl od oceli Vanadis 4E, jenž je jednou z nejpoužívanějších pro výrobu nožů, avšak není korozivzdorná. Ocel CPM 121 REX by mohla zastoupit vlastnosti oceli Vanadis 4E, ale samotná výroba nože a jeho následné zpracování by bylo technologicky velmi náročné. Proto bylo vhodnější zvolit ocel Vanadis 4E, která je méně legovaná, ale má vyšší obsah vanadu, čímž lze docílit vyšší ostrosti a jelikož u loveckých nožů není požadavek na maximální ostrost, kvůli schopnosti stahovat kůži, může být čepel povlakovaná, čímž se také docílí korozivzdornosti čepel.

6. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

VIM	vacuum induction melting
VAR	vacuum arc melting
ESR	electroslag remelting
MM	micro-melt
SF	spray forming
CPM	crucible particle metallurgy
PVD	physical vapour deposition
CVD	chemical vapour deposition
HRC	jednotka tvrdosti dle Rockwella
Nd:YAG	neodymium-doped yttrium aluminium garnet
M _s	teplota martenzit start
CaCO ₃	uhličitan vápenatý
Al ₂ O ₃	oxid hlinitý
CaF ₂	fluorit vápenatý
CO ₂	oxid uhličitý
CrN	nitrid chrómu
TiN	nitrid titanu
CH ₄	methan
C ₂ H ₂	acetylén
TiCN	karbonitrid titanu
TiAlN	kombinovaný nitrid titan a hliniku
B ₄ C	boron karbid
NaCl	chlorid sodný

7. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] SKRYLEV, Igor'. *Encyklopedie nožů: úplná encyklopedie zbraní a výstroje*. 2013. Praha: Naše vojsko, 2013. ISBN 978-80-206-1324-0.
- [2] MOHYLA, Miroslav. *Nekonvenční strojírenské materiály I*. 2. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1999. ISBN 80-707-8969-7.
- [3] Nožírské oceli - ocele. *Noze-nuz.com* [online]. Nová Paka: Černý [cit. 2017-03-12]. Dostupné z: http://www.noze-nuz.com/nozirske_oceli/occele.php
- [4] RUETERING, Markus A. Laser Hardening. *Laser Technik Journal* [online]. Weinheim: WILEY-VCH Verlag, 1605, **13**(3), 30-33 [cit. 2017-03-18]. DOI: 10.1002/latj.201600016. ISSN 16137728. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/latj.201600016/epdf>
- [5] CUBBERLY, W. H. a Ramon. BAKERJIAN. *Tool and manufacturing engineers handbook*. Desk ed. Dearborn, Mich.: Society of Manufacturing Engineers, c1989. ISBN 08-726-3351-9.
- [6] Atomization. *Metal Powder Report* [online]. Elsevier B.V, 2001, **56**(1), 40-40 [cit. 2017-03-18]. DOI: 10.1016/S0026-0657(01)80093-X. ISSN 00260657. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com.ezproxy.lib.vutbr.cz/S0921509304002023/1-s2.0-S0921509304002023-main.pdf?_tid=105d92ae-0bee-11e7-ae34-00000aacb362&acdnat=1489850456_efc701dcbe0cdf56a5f202461c542088
- [7] LI, Xing-gang a Udo FRITSCHING. Process modeling pressure-swirl-gas-atomization for metal powder production. *Journal of Materials Processing Technology*. 2017, **239**, 1-17. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2016.08.009>. ISSN 09240136. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013616302783>
- [8] PAJL, Josef. *O nožích: nejen loveckých*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3502-3.
- [9] How It's Made - Kyocera Ceramic Knives. In: *Youtube* [online]. 06.08.2015 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=vrBffC4F3-I&t=166s>. Kanál uživatele Copyscience
- [10] WALSH, Kevin. Widmanstätten pattern kevinzim. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fc/Widmanstätten_pattern_kevinzim.jpg
- [11] Hlavní pás planetek. *Aldebaran* [online]. Nový lesík 21, 162 00 Praha 6: Sklenář [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: http://www.aldebaran.cz/actions/2014_online_skola/docs/Sklenar.pdf
- [12] PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu II*. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-720-4248-3.

- [13] Join Kyocera In The Fight Against Breast Cancer; Kyocera Advanced Ceramics introduces a Special Edition 5.5-inch Santoku Ceramic Knife with an ergonomic pink-colored handle (FK-50-SE MSRP \$90.00). *Business Wire*. New York, 2004, , 1. Dostupné také z: <https://search.proquest.com/docview/445686839?accountid=17115>
- [14] HARTINK, A. E. *Encyklopedie nožů*. Praha: Rebo Productions, c2000. ISBN 80-723-4122-7.
- [15] Mjölknir. In: *TK Knives* [online]. TK Knives, c2014 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://tkknives.com/project/mjolnir-lock/>
- [16] An Introduction to Wootz Crucible Steel: THE STUDY & TRADE OF ANTIQUE INDIAN ARMS & ARMOUR. *SHASTARDHARI: THE STUDY & TRADE OF ANTIQUE INDIAN ARMS & ARMOUR* [online]. SHASTARDHARI, 2014 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://shastardhari.com/blog/an-introduction-to-wootz-crucible-steel/>
- [17] Čepele - tvary, broušení. *Nože - Nůž* [online]. Brno: Černý, 2008 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.noze-nuz.com/cepele/brouseni.php>
- [18] *Tribotechnika* [online]. Žilina: TechPark, 2011, **2011**(2) [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-22011/zvysovani-zivotnosti-povrchu-laserovym-kalenim.html>
- [19] SCHUBERT, Steffan. Kalení laserem urychluje výrobu součástí a nástrojů. *MM Průmyslové spektrum*. Praha, 2011, (7), 60.
- [20] Guide to the Best Knife Steel. *KNIFE INFORMER* [online]. Davidson, 2017 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://knifeinformer.com/discovering-the-best-knife-steel/>
- [21] CPM-S125V Steel in Knives: Why It Is a Good Choice. *KnifeArt.com* [online]. Little Rock (USA): KnifeArt.com, 2017 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.knifeart.com/125v.html>
- [22] DAVIS, J. R. *Tool materials*. Materials Park, OH: ASM International, c1995. ISBN 08-717-0545-1.
- [23] List of Blade Materials. *OSOGRANDEKNIVES.com: America's Cutlery Specialists* [online]. Pauma Valley (California), c1999-2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://www.osograndeknives.com/catalog/blade-steels.html>
- [24] Knife Blades: Common Steels Explained. *GEARJUNKIE* [online]. Minneapolis (USA): Sculimbrene, 2015 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <https://gearjunkie.com/common-knife-blade-steels>
- [25] An Introduction to Damasteel. *KNIFE INFORMER* [online]. Davidson, 2016 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <http://knifeinformer.com/an-introduction-to-damasteel/>

- [26] LOSERTO VÁ, Monika. *Technologie speciálních slitin* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013 [cit. 2017-05-13]. ISBN 978-80-248-3379-8. Dostupné z: http://katedry.fmmi.vsb.cz/Modin_Animace/Opory/03_Materialové_inženýrství/07_Technologie_speciálních_slitin/Losertova_Technologie_speciálních_slitin.pdf
- [27] Why ESR is recognized as the preferred production method for high-performance materials? *KnifeSol: machine knives & tools solutions* [online]. Bucharest: Knifesol.com, c2014 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.knifesol.com/used-pre-materials/>
- [28] Electroslag Remelting (ESR). *ALD Vacuum Technologies* [online]. Hanau: ALD Vacuum Technologies, c2010-2013 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.ald-vt.com/cms/en/vacuum-technology/applications/esr/>
- [29] Modern Steel Making Technologies. *ZKNIVES* [online]. ZKNIVES, 2015 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://zknives.com/knives/steels/steeltec.shtml#MM>
- [30] SHRIVASTAVA, Sanjay. *Medical device materials: proceedings from the Materials*. Materials Park, OH: ASM International, 2004. ISBN 08-717-0798-5.
- [31] Vacuum Induction Melting and Casting: Vacuum Induction Melting (VIM-VIDP) Furnaces for Charge Weights from 1 kg up to 30 tons. *ALD Vacuum Technologies* [online]. Hanau: ALD Vacuum Technologies, c2010-2013 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.ald-vt.com/cms/en/vacuum-technology/applications/vimvidp/>
- [32] Vacuum Arc Remelting (VAR). *ALD Vacuum Technologies* [online]. Hanau: ALD Vacuum Technologies, c2010-2013 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://web.ald-vt.de/cms/vakuum-technologie/anlagen/vacuum-arc-remelting-var/>
- [33] Spray Forming: Alloys, Products, and Markets. *TMS: The Minerals, Metals & Materials Society* [online]. Pittsburgh: The Minerals, Metals & Materials Society, 1999 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.tms.org/pubs/journals/JOM/9904/Leatham/Leatham-9904.html>
- [34] Ochrana čepelí nožů před korozí - černění, povlaky..atd. *Noze-nuz.com* [online]. Nová Paka: Černý [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://www.noze-nuz.com/cerneni_cepeli/ochrana_nozu.php
- [35] Povídání o damaškové a vrstvené oceli - část I. *Noze-nuz.com* [online]. Nová Paka: Čelchovský, Černý [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.noze-nuz.com/recenze/damasek1/damasek1.php>
- [36] SB1 Nožírské oceli - ocele. *Noze-nuz.com* [online]. Nová Paka: noze-nuz.com [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: http://www.noze-nuz.com/nozirske_oceli/sb1.php
- [37] Crucible CPM Rex 121 Knife Steel: Composition Analysis Graph, Equivalents And Overview. *ZKNIVES* [online]. ZKNIVES [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: http://www.zknives.com/knives/steels/cpm_rex_121.shtml

- [38] How to Choose a Knife Steel. *ALLOUTDOOR* [online]. Sculimbrene, 2013 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.alloutdoor.com/2013/11/17/choose-knife-steel/>
- [39] M390 - BOHLER M390 MICROCLEAN Nožírské oceli - ocele. *Noze-nuz.com* [online]. Nová Paka: noze-nuz.com [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: http://www.noze-nuz.com/nozirske_oceli/m390.php
- [40] ELMAX Nožírské oceli - ocele. *Noze-nuz.com* [online]. Nová Paka: noze-nuz.com [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: http://www.noze-nuz.com/nozirske_oceli/elmax.php
- [41] Základní informace o nožích aneb než se začnete ptát - čtěte !. *Noze-nuz.com* [online]. Nová Paka: Šulc [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <http://www.noze-nuz.com/recenze/zaklady/zaklady.php>
- [42] Chemical Element Effects On The Steel. *ZKNIVES* [online]. ZKNIVES, 2015 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://zknives.com/knives/steels/steelelements.shtml>
- [43] Rodina Sandviků. *Noze-nuz.com* [online]. Nová Paka: Černý [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.noze-nuz.com/recenze/sandvik/ocel-sandvik.php>
- [44] Bohler-Uddeholm Vanadis 4E Knife Steel. *ZKNIVES* [online]. ZKNIVES [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://zknives.com/knives/steels/vanadis_4e.shtml
- [45] VANADIS 4 EXTRA: VANADIS 4 Extra Data Sheet. *Böhler Uddeholm* [online]. Böhler Uddeholm, 2013 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: http://www.bucanada.ca/media/UDDEHOLM_VANADIS4EXTRA.pdf